

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION TE GRONINGEN

KALKTOESTAND EN OOGSTOPBRENGST

DOOR

Ir. W. C. VISSER

(Ingezonden 9 Mei 1938)

INLEIDING

Het kalktoestandsvraagstuk geniet sedert den tijd, dat het door de invoering van bepalingsmethoden op een vastere basis geplaatst werd, een groote belangstelling in ons land. Door het groote aantal proeven, die door allerlei instanties over dit onderwerp genomen werden, kwam men ten slotte vrijwel algemeen tot de practische conclusie, dat voor een goed gewas de pH op zand- en dalgronden ongeveer gelijk 5,2 tot 5,5 zou dienen te zijn, terwijl bij kleigronden een voorraad CaCO_3 gewenscht was.

Deze uitspraak is zeer globaal en was ook als zoodanig bedoeld. Een onderscheiding naar grondsoorten of naar de toestanden binnen een bepaald grondtype werd hierbij vrijwel niet gemaakt. Toch heeft deze eenvoudige conclusie in de praktijk goed voldaan en stelt men de bepaling van den kalktoestand door middel van de pH in de praktijk op prijs, zooals ten duidelijkste blijkt uit de groote vlucht, die het regionaal pH-onderzoek in Nederland nam, en nog steeds neemt.

In de praktijk stuit men af en toe op gevallen, waaruit blijkt dat het bekalkingsvoorschrift soms niet opgaat, zooals dat voor een resultaat, dat een gemiddelde is van vele waarnemingen, ook verwacht moet worden. Herhaaldelijk hoort men, dat een landbouwer op zeer zuren grond opbrengsten krijgt, waarop maar weinig valt aan te merken, en die bij bekalking tot een hooger pH zeker niet veel zullen stijgen. Vooral de extremen komen hierbij sterk naar voren. Deze gevallen, die ongetwijfeld niet vaak voorkomen, maar veelal tot in een wijden omtrek bekendheid verkrijgen, leiden er toe, dat het aanwenden van kalk vertraagd wordt, ook op plaatsen, waar dit juist zeer noodig is. Dergelijke gevallen kan men niet afdoen met de veronderstelling, dat de monsterneming dan wel fout zal zijn geweest, terwijl ook de veronderstelling in het algemeen te ver gaat, dat dan de fout wel in de analyse zal hebben gezeten of zelfs dat de analysemethode niet deugt. Hiermee willen wij geenszins zeggen dat bij de bepaling van de reactie van den grond niet eens een enkele fout zal worden gemaakt, of dat de analyse-

154159 de. I

methode voor alle denkbare omstandigheden beproefd is. Doch dit sluit niet in, dat verondersteld moet worden dat elke afwijking op de genoemde onvolkomenheden terug gevoerd moet worden.

Wij willen in het volgende op een aantal factoren wijzen, waaraan bij het interpreteren van de analysecijfers van het kalkonderzoek gedacht moet worden. Verschillende van deze invloeden zijn nog onvoldoende bestudeerd of nog niet rijp voor een afsluitende behandeling. Denkt men bijv. aan den invloed van de weersomstandigheden op den samenhang tusschen de opbrengst van het gewas en den kalktoestand dan is het duidelijk, dat een onderzoek daarover niet kan worden afgesloten voor men een paar maal een nat en een droog jaar heeft gehad, en in staat is geweest, den invloed daarvan nauwkeurig te bestudeeren. Dit zou een aantal jaren vergen, en naar onze meening mag men de praktijk daarop niet laten wachten, doch moet er zooveel mogelijk getracht worden, den landbouw te laten profiteeren van alles wat reeds met redelijke zekerheid vaststaat. Dit brengt mee dat deze publicatie een voorloopig karakter heeft; een afsluitende behandeling van het kalkvraagstuk zal tot later moeten wachten.

HOOFDSTUK I

Algemeene Beschouwingen

§ 1. PUNTEN TER BESPREKING

Op verschillende wijzen kunnen de uitkomsten van de algemeene lijn afwijken. De analyse valt soms anders uit dan men zou verwachten, terwijl in verschillende gevallen de reactie van het gewas niet overeenkomt met wat men bij den toestand van den grond, zooals die door de analyse wordt aangegeven, moest aannemen.

Eenige van de meer voorkomende afwijkingen noemen wij hieronder.

1. Wanneer van een grond met eenigen tijd tusschenruimte de pH eenige malen wordt bepaald, valt het soms op dat de analyseresultaten aanzienlijk van elkander kunnen afwijken, terwijl er niets aan het land gedaan was dat dit verschil kan verklaren.

Hieruit zou volgen, dat de pH van den grond geen constante waarde is, ook wanneer de grond oogenschijnlijk aan zich zelf gelijk blijft.

2. Hoewel de pH 5,5 slechts bedoeld is als een waarde, die gemiddeld voor zand- en dalgronden den optimalen zuurgraad vertegenwoordigt, trekt het toch de aandacht dat er streken zijn waar algemeen deze zuurgraad voor de bouwlandgewassen als te hoog beschouwd moet worden. Bij het regionaal onderzoek rondom Slochteren kwam duidelijk naar voren dat voor de gronden

in een bepaald deel van dit gebied een pH 4,8 de meest gewenschte was, en werd bij de bekalking daarmee rekening gehouden.

3. In de praktijk heeft men verder vaak kunnen vaststellen, dat de kalktoestand van den grond wel wat lager kan zijn, zonder dat daaruit nadeelen voortvloeien, wanneer men maar goed bemest. Hierbij wordt vooral op stalmest de nadruk gelegd.

4. In gebieden, waarvoor een bepaalde optimale pH voor den grond wel ongeveer vaststaat, vindt men wel akkers waar bij lagere pH toch geen ongelukken gebeuren, of komen jaren voor, waarbij op vele perceelen met lage pH, in tegenstelling met andere jaren, geen slechtere oogst optreedt. Ook op proefvelden valt dit wel op.

Dat de bepaling van de zuurheid van den grond in den loop van den tijd steeds eenigszins wisselende waarden geeft, is de oorzaak dat een onzekerheid ten opzichte van de optimale zuurheid van den grond ontstaat, die het geven van adviezen ingewikkelder maakt. In hetgeen hierna volgt willen wij wat nader ingaan op deze afwijkingen van wat als gemiddelde wel ongeveer juist is — afwijkingen, die in de landbouwpraktijk vaak heel scherp opgemerkt worden — en de oorzaken uiteenzetten die voor het verschillend gedrag van het gewas tegenover de pH van den grond verantwoordelijk zijn. Door namelijk met deze oorzaken rekening te houden is men in staat aan de hand van de analyse zijn oordeel over den toestand van den onderzochten akker te verfijnen, en zodoende het aantal malen, dat een gegeven advies onjuist uitvalt, sterk te verminderen. Het zal daarbij dan blijken hoe een verkregen analysecijfer eerst tot volle waarde komt, wanneer het door een voldoende landbouwkundig geschoold persoon ter plaatse wordt omgezet in een praktisch advies, omdat pas door het rekening houden met de overige omstandigheden een juist gebruik van chemische analyses kan worden gemaakt.

§ 2. IS DE PH EEN CONSTATE?

Wanneer het eenige verwondering wekt dat de pH van een grond bij twee opeenvolgende bemonsteringen niet gelijk uitvalt, dan is dit deels een gevolg van de omstandigheid, dat men de pH van den grond als een constante eigenschap beschouwt. Deze veronderstelling wordt afgeleid uit de opvatting, dat de pH een afspiegeling is van de hoeveelheid kalk, die in den grond aanwezig is. Omdat deze hoeveelheid kalk niet willekeurig kan toe of afnemen, komt men tot de veronderstelling, dat de pH dan ook constant moet zijn of, afhankelijk van de uitspoeling van kalk; langzaam moet afnemen. Hierbij ziet men echter over het hoofd, dat de pH niet alleen samenhangt met de

hoeveelheid kalk, die in den grond aanwezig is, doch ook met de hoeveelheid kalium, natrium, magnesium, koolzuur enz. Een invloed van groot belang kan ook zijn het voorkomen van ammoniak. Vooral de invloeden van kalium, natrium en ammoniak kunnen sterk wisselen, van kalium en natrium doordat daarbij de uitspoeling sneller plaats vindt dan bijv. bij kalk, van ammoniak door de omzetting in nitraat.

Doch ook op een andere wijze hebben deze elementen een invloed op de pH. Kalium, natrium enz. komen zoowel aan den grond gebonden, als vrij in het bodemvocht opgelost voor. Volgens de gegevens in de literatuur zijn er aanwijzingen, dat deze ionen tijdelijk uit de oplossing naar den grond overgaan, of van den grond in de oplossing. Wij wijzen hier bijv. op Amerikaansch (1, 2, 3, 4, 5, 6) en Duitsch (7, 8, 9) onderzoek. Men stelde in deze publicaties vast dat in den loop van het jaar de concentraties van kalk, kali, fosforzuur en stikstof in het bodemvocht belangrijk kunnen varieeren, en schrijft dit herhaaldelijk toe aan de werking van bacteriën.

Men mag wel als zeker aannemen dat de invloed van een ion op de pH niet gelijk is, wanneer het opgelost voorkomt, of wel gebonden. Zouden de ionen van den grond loslaten en in de oplossing treden, dan zouden deze ionen, daar hun invloed op de pH daardoor anders wordt, een wijziging van de zuurheid van den grond teweeg brengen. Indien aan de bacteriën inderdaad deze invloed op de verdeeling van de ionen in- en buiten het basenbindend complex kan worden toegeschreven, zou ook op deze wijze het microscopisch leven in den grond zijn invloed op de pH kunnen uitoefenen.

Het zijn waarschijnlijk deze concentratieveranderingen, die de oorzaak zijn van de veranderingen in de pH, die men algemeen constateert en die zeer sterk opvallen, wanneer men elke maand op een bepaald stuk grond de zuurheid vaststelt. In de literatuur wordt herhaaldelijk op het voorkomen van deze seizoenschommelingen gewezen. Bij de studie van de seizoenschommelingen is nog veel ononderzocht gebleven. De hierboven geuite veronderstellingen zijn dan ook geenszins bewezen, al is het waarschijnlijk dat bij nadere bestudeering in deze richting gezocht zal moeten worden. Van belang is voornamelijk te weten, dat wij aanwijzingen kregen, dat deze seizoenschommelingen groter worden, naarmate de grond minder humus bevat en naarmate de pH hooger is. Bij een goed bekalkten, humusarmen zandgrond vonden wij zeer groote verschillen, die, naar onze ervaring, een enkele maal op kunnen looplen tot 0,6 à 0,8 pH, terwijl wij op een zuren veengrond van deze onregelmatigheden het minste last hadden, daar de variaties in zoo'n geval maar weinig groter zijn dan de bepalingssonauwkeurigheid van de pH. Deze seizoenschommelingen beteekenen een nadeel bij het geven van bekalkingsadviezen op basis van de pH-bepaling. Echter bestaat

de tendens, dat de pH in Maart en April daalt, in Mei het diepste punt bereikt, en daarna, het eene jaar vlugger dan het andere, stijgend, in den winter weer tot zijn hoogste waarde terugkeert. Nu is het in Nederland algemeen gewoonte geweest de pH na den oogst te bepalen, in het tijdvak tusschen Juli en Februari, waarin de variatie van den zuurgraad veelal geringer is. Wanneer men gebruik maakt van grondmonsters, in dezen tijd genomen, dan blijft weliswaar steeds de mogelijkheid bestaan dat door een toevallige schommeling een te hooge of een te lage pH wordt gevonden en dus een te hoog of een te laag bekalkingsadvies gegeven zou worden, doch de kans hierop is door dezen maatregel te beperken.

Er bestaan diverse methoden tot bepalen van de verzadiging van den grond met kalk, die minder aan het euvel lijden, gedurende het jaar te varieeren. Als voorbeeld noemen wij de pH-bepaling in een KCl oplossing en het bepalen van de verzadigingsgraad. (10, 11) Doch ook andere meer tijdroovende en daardoor duurdere en voor de practijk minder geschikte bepalingsmethoden zijn niet zoo gevoelig voor deze seizoensinvloeden. Voor zoover ons bekend is bestaat er evenwel geen methode die geheel onafhankelijk is van deze variaties in den toestand van den grond, zoodat bij het overgaan tot een andere bepalingsmethode men misschien minder met den seizoensinvloed te maken zou hebben, doch men er geenszins van af zou zijn. De eenvoudigste wijze om het bezwaar van de variatie van den toestand van den grond te verminderen is in de maanden Maart tot Juni geen bemonsteringen te doen plaats vinden.

§ 3. WORDT DE BESTE ZUURHEID VAN DEN GROND DOOR pH 5,5 AANGEGEVEN?

Het zal duidelijk zijn, dat het practisch onmogelijk is de beste pH van een grond in het algemeen op te geven. Deze hangt toch van allerlei omstandigheden af. Op een bedrijf, waar vaak vlinderbloemige gewassen of suikerbieten worden verbouwd, doet men verstandig, een hoogere pH van den grond als de beste waarde aan te nemen dan op bedrijven, waar hoofdzakelijk rogge, haver en aardappelen worden verbouwd. De eerstgenoemde gewassen nl. stellen veel hoogere eischen aan den kalktoestand van den grond dan de laatstgenoemde. Een zeer groote invloed gaat uit van het doel, waarmee men aardappelen verbouwt. Is het bedrijf ingesteld op de teelt van consumptieaardappelen, die bij een te sterke aantasting door schurft onverkoopbaar worden, dan zal een hooge verzadiging van den grond met kalk ondoelmatig zijn. Bij hooger pH wordt de aantasting van de aardappelen door de schurft nl. sterker. Bij fabrieksaardappelen is dit vraagstuk van

minder belang, de aantasting doet er weinig toe en de hoogste zetmeel-opbrengsten beteekenen het beste financieele resultaat. Een hooge pH zal daar dus een minder groot nadeel vormen, wanneer deze om andere redenen gewenscht mocht zijn.

Naast dezen meer economischen kant van het vraagstuk staat echter nog een wetenschappelijke kant. Wanneer men door chemisch onderzoek tracht uit te maken, in welke mate een bepaald voedingszout of een andere groeiinvloed in den grond aanwezig is, teneinde zich daaruit een indruk te vormen of de bodemtoestand voor de plant gunstig is, staan daartoe een groot aantal onderzoekingsmethoden ten dienste, die vaak slechts ten aanzien van ondergeschikte punten van elkander verschillen. Een principieel verschil is echter de wijze waarop men de resultaten uitdrukt. Hierbij staan tegenover elkaar de resultaten, uitgedrukt in evenredigheid met de hoeveelheid grond, die onderzocht werd, en de resultaten, die worden opgegeven, betrokken op de hoeveelheid basenbindend materiaal, dat de grond bevat. Deze laatste wijze van weergeven heeft den laatsten tijd meer aandacht getrokken. De resultaten worden in het laatste geval dus niet opgegeven per 100 gram drogen grond maar per 10 of per 100 milli-aequivalenten basenbindend materiaal. Aan de laatste wijze van uitdrukken wordt dan de voorkeur gegeven, omdat de op een gelijk absorptief vermogen herleide uitkomsten soms een algemeener toepasbaarheid blijken te bezitten.

Bij de pH wordt dit probleem nog niet gesteld, hoewel ook hier de bepaling zoowel met een constante hoeveelheid grond als met een constante hoeveelheid absorptief materiaal zou kunnen geschieden. Vooral bij humeuze gronden maakt dit verschil. Men zou dan bij zandgronden niet 20 gram grond op 50 gram water moeten nemen, doch bijv. 2 gram humus op 50 gram water. Dit zou meebrengen, dat van veengrond men bijv. slechts 4 gram grond nam, terwijl men van een humusarmen zandgrond 100 gram zou moeten nemen. Het is nu een bekend feit, dat de hoeveelheid grond eenigen invloed heeft op de hoogte van de pH, een invloed, die samenhangt met wat men als het Wiegner-effect aanduidt. Een artikel van de hand van P. BRUIN vestigde hierop de aandacht (12). Dit Wiegner-effect gaat in de richting, dat bij het nemen van meer grond de pH lager wordt. BRUIN stelt in het genoemde artikel de vraag of het niet juister zou zijn de pH steeds op een constante hoeveelheid absorptief materiaal te betrekken. Wanneer men inderdaad een constante hoeveelheid basenbindend vermogen zou moeten nemen en niet een constante hoeveelheid grond, dan zou dit meebrengen, dat de pH op humusrijke gronden tot nu toe steeds te laag werd aangegeven. Wij deden hierover waarnemingen en vonden bijv. dat een grond met 40 %

organisch materiaal en 40 % klei met een T-waarde van omstreeks 95 millival per 100 gram grond, bepaald volgens de methode van MASCHHAUPT en TEN HAVE (10), ongeveer 0,4 eenheden hoger komt te liggen wanneer de pH op constante hoeveelheid sorptie-complex wordt betrokken. Deze waarneming is nu van belang aangezien men bij het regionaal grondonderzoek in de buurt van Slochteren bij dit grondtype zoo herhaaldelijk tot de conclusie kwam, dat bij een lage pH het gewas nog zeer goed wilde groeien, zoodat men het optimum voor bekalking daar stelde op pH 4,8. Wanneer deze pH dus tengevolge van een niet geheel juiste analysemethode 0,4 eenheden te laag zou liggen, dan zou de daaruit berekende pH 5,2 vrij goed samenvallen met wat voor andere gronden als juist kan worden aangenomen. Met deze mogelijkheid kan bij het geven van adviezen rekening gehouden worden, en wel op deze wijze, dat men bij humusrijke gronden voorzichtig is met zijn adviezen en eerst maar bij de bekalking aanstuurt op een pH, die omstreeks een halve eenheid lager ligt dan de waarde waartoe voor humus-arme gronden zou worden geadviseerd. Over dit punt bestaan nog te weinig gegevens om er een definitieve uitspraak over te doen. Vooral ontbreekt het ons aan voldoende proefveldmateriaal van gronden met gevarieerd humusgehalte, zoodat een oplossing van dit vraagstuk nog eenigen tijd op zich zal laten wachten.

Ook ten aanzien van kleigronden is onze kennis nog te beperkt. De invloed van het basenbindend vermogen bestaat hier eveneens, doch is veel minder belangrijk. Er bestaan nl. aanwijzingen, dat bij meer grond en minder water de pH's beneden 7,0 lager worden en boven 7,0 hoger. Bij pH 7,0 is geen invloed aanwezig. Bovendien zijn de verschillen, die onder of boven pH 7,0 optreden, zeer gering. Bij den tegenwoordigen stand van onze kennis kan slechts gezegd worden, dat de opbrengst grooter wordt naarmate de pH hoger is. Waarschijnlijk is echter de pH op dergelijke gronden niet de meest gunstige maatstaf om den kalktoestand te beoordeelen. Van meer belang is waarschijnlijk het gehalte aan CaCO_3 .

§ 4. IS DE BESTE ZUURGRAAD ONAFHANKELIJK VAN UITWENDIGE OMSTANDIGHEDEN?

In de practijk hoort men wel de opmerking maken dat, wanneer maar goed bemest wordt, de kalktoestand van weinig invloed is op den groei van het gewas. Vooral de invloed van stalmest wordt in dit opzicht geroemd. Men kan zich hiervan de volgende voorstelling maken.

Op een grond met een goeden kalktoestand, waarop een zwaar gewas groeit, zal een nog sterkere bemesting een ongunstigen invloed kunnen uit-

oefenen, doordat bijv. deze bemesting legering veroorzaakt. Bij een lagen kalktoestand groeit maar een schraal gewas, dat een aanzienlijk grooter hoeveelheid meststof kan verdragen voordat het zoo zwaar wordt dat kans op legeren ontstaat. Men zou dan de opbrengst van het gewas door zware bemesting op de gewone hoogte kunnen brengen, of zooals de practijk het noemt, het gewas dwingen. Stikstof is daarbij de meststof, die meestal voor dit dwingen wordt gebruikt.

Men kan echter het verschijnsel ook opvatten als het resultaat van een onderlinge samenwerking tusschen de verschillende groeifactoren. Zoo wordt wel gesproken van het ontgiften van zuren grond, waarbij dus de opvatting naar voren komt, dat door den lagen zuurgraad een bepaalde giftige werking wordt veroorzaakt. Zou men nu door toevoeging van geschikte stoffen deze giften onwerkzaam kunnen maken, dan zou bij een lager zuurgraad nog een maximale oogst verkregen kunnen worden. Het gebied van groote oogsten zou door deze stoffen dus naar een lager pH kunnen worden uitgebreid. Men stelt zich wel voor dat de genoemde stoffen in stalmest voorkomen. Het zal duidelijk zijn dat het niet noodzakelijk een stikstofwerking behoeft te zijn die dit effect teweeg brengt, maar dat ook kali, fosforzuur, organische stof enz. in aanmerking komen.

Het proefveldmateriaal, waaraan dit vraagstuk onderzocht zou moeten worden, zou dienen te stammen van een kalktoestandsproefveld, waarop verschillende trappen van fosforzuur, kali of stikstof als bemesting voorkomen. Daarbij zou het dan noodig zijn dat zoowel de kalk als de overige bemestingen in eenige, minstens 5, hoeveelheden werden gegeven. Proefvelden met een dergelijke opzet komen in Nederland practisch niet voor, zoodat het materiaal, waaraan de hiervoor genoemde mogelijkheden gedemonstreerd zouden kunnen worden, uiterst schaarsch is.

Men treft nu in de practijk de meening aan, dat door een goed gekozen nevenbemesting men het gebied van maximalen groei naar ongunstiger waarden van de hoofdgroefactor kan verschuiven. In de literatuur vindt men daarentegen wel onderzoekingen, die in tegengestelde richting wijzen, dus waariu een hoogere nevenbemesting eerst bij een hoogere waarde van de hoofdbemesting tot een maximalen oogst voert.

Wanneer men het scherp stelt kan men drie principes onderscheiden en wel: bij een gunstiger toestand van de nevenbemesting kan het gebied van hooge opbrengsten:

- 1°. verschuiven naar hooger waarde van den beschouwden groeifactor;
- 2°. zijn oorspronkelijke plaats behouden;
- 3°. verschuiven naar lager waarde van den beschouwden groeifactor.

Een overzicht van de wijze, waarop de plant kan reageeren, geeft fig. I.

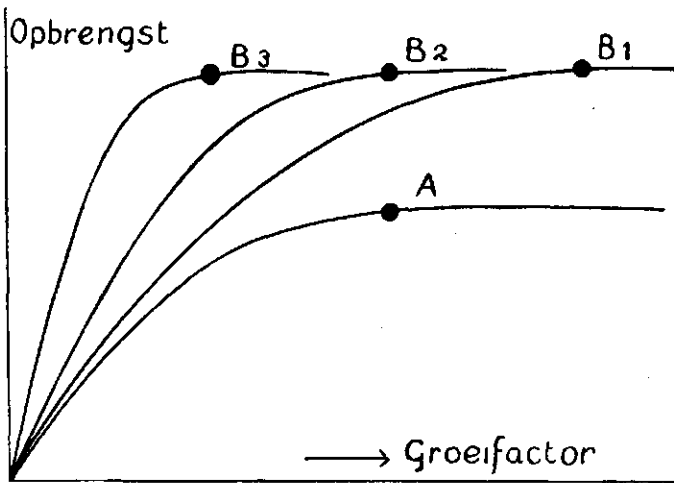


Fig. I

De opbrengstcurve A geeft den invloed van een groefactor op de opbrengst bij matig gunstige nevenomstandigheden. Wanneer deze omstandigheden op een beter peil worden gebracht, zijn drie wijzen van reageeren mogelijk, weergegeven door de krommen B₁, B₂ en B₃.

Kromme A wordt verondersteld den invloed weer te geven, dien een bepaalde groefactor onder matig gunstige omstandigheden op den oogst heeft. Maakt men deze omstandigheden door geschikte maatregelen beter, dan zal daardoor een andere kromme met een hooger liggenden maximalen oogst ontstaan, die wij B noemen. Waar de optimum groei zal optreden vormt bij deze beschouwing het vraagpunt. De onder 1^o, 2^o en 3^o onderscheiden mogelijkheden worden weergegeven door de krommen B₁, B₂ en B₃.

De stippen geven de ondergrens van het gebied van hooge opbrengsten weer. Dit gebied kan dus naar links of naar rechts verschuiven, dan wel op dezelfde plaats blijven.

Deze principes vinden op verschillende wijze in het dagelijksch leven zoowel als in de literatuur hun uitdrukking. Zoo wijst de veronderstelling dat men veel stikstof kan geven, wanneer van de andere meststoffen maar voldoende werd gegeven, op een samenhang als onder 1^o werd aangegeven. Doordat met het geven van de andere meststoffen de nevenfactoren op een hooger niveau zijn gebracht, zou dan het optimum voor stikstof op een hooger niveau zijn gekomen, zoodat voor een maximalen oogst een grooter hoeveelheid moet worden gegeven dan wanneer men de nevenbemesting op het oude peil had gelaten.

Hiertegenover staat min of meer de opvatting dat een gezond gewas, of een gewas op goeden grond, wel tegen een stootje kan. Het gezond zijn van het gewas, of het goed zijn van den grond, wijst op gunstige nevenomstandigheden en in dit geval veronderstelt men dat een schadelijke invloed, of een gebrek aan een of ander bestanddeel, minder schadelijk werkt. De hooge opbrengsten zouden dus naar lager waarde van den factor, waarvan een gebrek gevreesd wordt, zijn verschoven, zooals dat onder 3° werd onderscheiden.

Door verschillende onderzoekers werden deze principes wat scherper gesteld. O. J. CLEVERINGA (19) verdedigt een reactie, die het meest het onder 1° onderscheiden principe overeenkomt, in zijn stelling, dat bij harmonische bemesting de beste oogst verkregen wordt en dat disharmonie tot oogstdepressies leidt. Verhoogt men van een harmonische meststofcombinatie het aandeel van een of enkele van de componenten, dan veroorzaakt dit een disharmonie, en dus een niet optimale opbrengst.

Deze opbrengst bereikt eerst weer de grootste hoogte, wanneer de overige componenten ook op een hooger niveau worden gebracht.

De opvatting van O. DE VRIES, welke hij herhaaldelijk bij uiteenzettingen over het kalkvraagstuk naar voren heeft gebracht, nl. dat „bij beter en meer uitgebufferde omstandigheden de oogstdepressies door het minder worden van een bepaalden factor kleiner zijn” loopt anderzijds geheel parallel met het onder 3° genoemde principe. Bij goede nevenomstandigheden geeft een in het minimum verkeerende factor een veel kleinere oogstdepressie.

De onder 2° onderscheiden mogelijkheid is de meest gebruikelijke veronderstelling, aangezien dit het eenvoudigste geval voorstelt. Doordat men vaak met de overige omstandigheden geen rekening houdt en de werking van de eene meststof met die van de andere in verband brengt, neemt men, zonder dit uitdrukkelijk zoo te stellen, geval 2° als geldend principe aan. Veelal zal hiermee dus niet een bewust op den voorgrond stellen van deze wijze van reageeren bedoeld zijn. Dit is echter wel het geval in de verhandelingen van A. E. MITSCHERLICH. Door dezen onderzoeker is de constantheid van den werkingsfactor tot een wet verheven. Deze wet houdt in dat, wanneer de maximale oogst van kromme A en die van kromme B beide gelijk 100 worden gesteld, de beide zoo verkregen curven, en dus ook de grenzen van het gebied van hooge opbrengsten, samenvallen. MITSCHERLICH stelt dus tegenover lijn A de lijn B₂ als norm en sluit de mogelijkheid van de lijnen B₁ en B₃ zeer beslist uit.

Wanneer wij buitenlandsche literatuur nagaan, dan blijkt over dit onderwerp ook door anderen vrij veel gewerkt te zijn, vooral naar aanleiding van het werk van Mitscherlich. Doch vrijwel zonder uitzondering is dit onderzoek

met potproeven gedaan en zooals wij hieronder nog nader uiteenzetten, is het de vraag, of de resultaten van zulke proeven voor het veld zonder meer gelden. De wet van Mitscherlich is van vele zijden sterk becritiseerd en de onjuistheid ervan mag wel als bewezen geacht worden. Men mag dus niet langer blijven aannemen dat de nevenfactoren geen invloed op de werking van den hoofdfactor hebben. Veeleer moet men er van uitgaan, dat de nevenfactoren het optimum naar hooger of lager waarde van den bestudeerden groeifactor verschuiven.

In de terminologie van Mitscherlich uitgedrukt wordt in het eerste geval de werkingsfactor bij hooger maximale opbrengst kleiner, in het tweede geval is de werkingsfactor onafhankelijk van de maximale opbrengst, dus eventueel constant, en in het derde geval wordt de werkingsfactor bij hooger maximale opbrengst grooter. Wij zijn door de gegevens, die wij tot nu toe onder de oogen kregen, tot de overtuiging gekomen, dat het derde geval zich het meest voordoet, dus dat wanneer willekeurige groeïnvloeden dichter in de buurt van hun optimum komen, het optimum van den beschouwden groeifactor in die gevallen een verlaging ondergaat.

Hoewel nog onvoldoende gegevens bekend zijn, houden wij rekening met de mogelijkheid, dat deze zienswijze een grootere geldigheid heeft dan alleen ten aanzien van kalk en andere kunstmeststoffen. Ook waterhuishouding, structuur en klimatologische omstandigheden ondergaan invloeden en oefenen een werking uit, die het optimum kan verplaatsen, of om in de terminologie van Mitscherlich te speken, de werkingsfactor kan veranderen. De aanwijzingen, die men in de literatuur vindt, slaan over het algemeen niet zoo zeer op den invloed van de bemestingen onderling, doch vaker op het weer, dat een van de factoren vormt, die varieeren. Wij wijzen hier bijvoorbeeld op het onderzoek van F. SCHEFFER, betreffende de oogstresultaten van de langjarige proef te Halle-Lauchstädt. (13). Deze onderzoeker komt op grond van de proefvelduitkomsten tot de conclusie, dat bij gunstige weersomstandigheden, die hooge opbrengsten tot gevolg hebben, de opbrengsten van de verschillende objecten het minst van elkander afwijken. E. J. RUSSEL (14) komt voor kali en weersinvloeden tot een dergelijke conclusie en schrijft dit toe aan de eigenschap van kalium om de verschillen in aantal uren zonneschijn te kunnen vereffenen. Deze verklaring werd bestreden en wij achten het waarschijnlijk dat RUSSELL hier op een principe stootte, dat een veel breedere geldigheid heeft dan voor kali alleen. Voor fosforzuur stelde hij bijvoorbeeld eenzelfde reactie vast, zonder daaraan echter soortgelijke conclusies te verbinden.

Voor de omstandigheden, zooals die hier te lande voorkomen, werd bij een cursus over grondonderzoek, in 1935 aan het Rijkslandbouwproefstation te Groningen gehouden voor onderwijzend personeel van de lagere landbouwscholen uit het Noorden des lands, door schrijver dezes op den hier besproken

samenhang tusschen de groeifactoren onderling gewezen aan de hand van proefveldmateriaal, waaruit bleek dat bij goed weer de plant een grooter kalktekort zonder schade kan verdragen. Door P. BRUIN (15) werd eenzelfde effect onlangs op fraaie wijze gedemonstreerd aan alle in ons land verkregen opbrengsten van door de verschillende consulentenschappen geëxploiteerde kalktoestandsproefvelden, waarbij als gewas rogge was verbouwd. In hierna volgende hoofdstukken zullen wij nog eenige bewijzen van deze stelling geven.

De algemeene formuleering van de stelling, die naar onze huidige ervaring het veelvuldigst blijkt te gelden, luidt: *Hoe slechter de toestand van den grond of van de andere groeïnvloeden voor een gewas is, des te grooter zal over het algemeen het nadeel zijn van een tekort aan noodzakelijke groeifactoren of een teveel aan schadelijke*. Nader onderzoek zal uit moeten maken onder welke omstandigheden de onderlinge samenhang tusschen opbrengst en groeifactoren beter door een van de beide andere genoemde mogelijkheden wordt weergegeven.

Er werd reeds op gewezen, dat voor het bewijs van de hiervoor gegeven regel nog onvoldoende materiaal verzameld is. Dat men op de beide andere gencemde mogelijkheden wel bedacht moet zijn blijkt daaruit, dat men bij potproeven zoo nu en dan de verschuiving volgens het eerstgenoemde geval vindt. Ook de in de practijk gehuldigde opvatting over harmonische voeding wijst op mogelijkheden in een andere richting (16). Potproeven, waarbij men vindt dat het geven van een grootere hoeveelheid van een noodzakelijke voedingsstof het optimum voor een andere voedingsstof verhoogt, worden bijvoorbeeld vermeld in het zeer nauwkeurige werk van A. RIPPEL (17) en van P. A. SCHELENOW en W. M. KLETSKOWSKI (18).

Bij den tegenwoordigen stand van onze kennis is het niet duidelijk, of dit resultaat zijn oorzaak vindt in de bijzondere eigenschappen van het door RIPPEL onderzochte paar groeifactoren, of dat wij hier te maken hebben met een eigenschap van de potproef, die de oorzaak is, dat de resultaten daarbij tegengesteld zijn aan de op het veld meestal verkregen uitkomsten. Dit laatste zou zeer goed denkbaar zijn. Immers een plant, die op het veld een beteren groei vertoont, zal een grooter en wellicht een meer vertakt wortelstelsel hebben en daardoor intensiever den grond doorgroeien. Hierdoor ontstaat dan tevens de mogelijkheid, dat de plant meer voor zijn groei benodigde stoffen aantreft en dus in een over het geheel beteren voedingstoestand komt. Bij een potproef is de stand van het gewas meestal dichter en de gewassen groeien veelal forscher, waardoor het grondvolume van den pot ook bij normalen groei zeer intensief doorworteld wordt. Een nog intensiever doorworteling zal in veel mindere mate de hoeveelheid voor de plant beschikbaar voedsel vergrooten. Dit zou ten gevolge kunnen hebben, dat in een pot een plant, die van een in het minimum verkeerende voedingsstof meer

krijgt, ook van de andere voedingsstoffen meer zal moeten worden toegediend. In het veld zorgt de krachtige groei zelf geheel of ten deele voor de extra hoeveelheid van de bedoelde voedingsstof. Dit zou dan de verklaring kunnen geven, dat bij de potproef bij grooter gift van de tweede meststof een grotere hoeveelheid van de eerste meststof het meest rendabel is.

Wij veronderstellen dus, zooals hierboven werd aangegeven, drie principes van reactie op de voedingszouten bij de plant, en wel ten eerste het principe, waarbij het gebied van de hoogste opbrengst voor een meststof hooger ligt, naarmate de andere meststoffen in grotere hoeveelheden beschikbaar zijn. Dit zouden wij het *principe van de harmonische voeding* willen noemen.

Als tweede mogelijkheid staat hiernaast, dat het gebied van de hoogste opbrengsten voor een bepaalde meststof, onafhankelijk van de overige omstandigheden, steeds op het gelijke punt zich zal voordoen, hetgeen wij zouden willen noemen het *principe van de onderlinge onafhankelijkheid van groeifactoren*.

Tenslotte zou de derde hiervoor besproken mogelijkheid bestaan, waarbij wanneer de nevenomstandigheden gunstig zijn, het gebied van de hoogste opbrengsten voor een bepaalden groeifactor zich tot een lagere grens uitstrekt. Wij zouden dit willen noemen het *principe van den wisselenden weerstand*.

Bij het geven van deze namen gaf het volgende denkbeeld ons leiding. Het begrip voedingsharmonie, zooals bijvoorbeeld J. GÖRNING en O. J. CLEVERINGA dat gebruiken (16, 19), geeft aan, dat men veronderstelt, dat de opbrengst van het gewas minder wordt, wanneer de harmonische verhouding tusschen de meststoffen verbroken is. Gaf men van een meststof te veel, dan komt de overmaat niet tot zijn recht. Geeft men van de andere meststoffen ook wat meer, dan zal het punt, waarop de minder goede groei begint, hooger liggen. Het optimum voor de eerstgenoemde meststof wordt dus door vergroting van nevenbemesting omhooggebracht, zooals ook bij het eerste principe het geval is.

Neemt men aan, dat het optimum steeds op dezelfde plaats ligt, dan hebben nevenomstandigheden geen invloed. Het is slechts van belang, te weten of men nog beneden het optimum van bemesting voor de beschouwde meststof is, en er dus een tekort bestaat ten aanzien van den groeifactor of dat men over het optimum heen is, en er een teveel aanwezig is.

In het derde geval gaat men uit van de veronderstelling, dat wanneer de nevenomstandigheden gunstig zijn, de plant een gezonden groei zal vertoonen, en wel tegen een stootje zal kunnen. Het vergroote weerstandsvermogen van de plant vangt den ongunstigen invloed voor een groot deel op.

Zooals wij in volgende hoofdstukken zullen aantoonen, komt het laatstgenoemde principe bij kalkvraagstukken herhaaldelijk voor. Wij wijzen hier op het groote practische belang dat de laatste mogelijkheid, wanneer over-

tuigend bewijs van deze reactie van het gewas gegeven zou kunnen worden, bij advieswerk zal kunnen hebben. Bij een grond in overigens goeden toestand of bij een krachtig en gezond groeiend gewas zou men dan mogen aannemen dat het nadeel van een tekort aan een of andere bemesting of van ongunstige klimaatsomstandigheden veel geringer zou zijn. Men zou daarmee met zijn bemestingen rekening kunnen houden.

Zeër belangrijk is dit probleem echter ook om de volgende reden. Wanneer het principe van den wisselenden weerstand en van de harmonische voeding tegenover elkaar gesteld worden, dan zal in het eerste geval door zoo goed mogelijke bemesting en bewerking, een ongunstige klimatologische gesteldheid geen ernstig nadeel geven. De plant zou het slechte weer beter kunnen verdragen. Moeten daarentegen groeifactoren in een onderling harmonieerende verhouding aanwezig zijn, dan zal het gewas door de betere bemesting en bewerking bijvoorbeeld ook hogere eischen aan een goede verdeeling van regen en zonneschijn stellen. Met andere woorden zou men, uitgaande van het principe van den wisselenden weerstand, tot de conclusie moeten komen, dat door goede behandeling van grond en gewas de oogst zoowel hooger als zekerder wordt, terwijl volgens het principe van de harmonische voeding de oogst weliswaar eveneens hooger maar tevens van jaar op jaar ongelijkmatiger zou uitvallen. Het is bij onzen intensieven landbouw van beteekenis te weten onder welke omstandigheden dit laatste eventueel het geval zal zijn.

§ 5. IS VOOR EEN BEPAALD GRONDTYPE DEZELFDE ZUURHEID VAN DEN GROND OVERAL HET BESTE?

In een beperkt gebied en op gronden met ongeveer gelijke samenstelling en eigenschappen treft men herhaaldelijk gevallen aan, waar de eene eigenaar bij een lage pH hoge opbrengsten krijgt terwijl bij een anderen boer bij dezelfde pH een ernstig gebrek aan kalk blijkt te bestaan. Wat voor den eenen akker geldt, blijkt voor den andere niet op te gaan. Een verklaringsmogelijkheid voor deze verschillen is gewenscht, aangezien deze onzekerheden voor het advieswerk moeilijkheden beteekenen. Het zal duidelijk zijn, dat dit punt waarschijnlijk die gevallen betreft, waarvoor de theorie in de vorige paragraaf is gegeven.

De verschillende landbouwers hebben meestal een eigen wijze van voeren van het bedrijf en ook wanneer dit niet het geval is, dan bestaan toch steeds verschillen in de grondgesteldheid, de waterhuishouding en de voorgeschiedenis van de velden. Zooals in de vorige paragraaf werd beschreven, nemen wij aan, dat het gewas op de velden in den besten vruchtbaarheids-toestand den grootsten weerstand zal bieden aan de ongunstige omstandigheden, zoodat men moet trachten deze verschillen te verklaren uit de eigen-

schappen en de behandeling van den grond. Over het algemeen zal dit moeilijk gaan en zal er weinig met zekerheid vast te stellen zijn, daar een dergelijke vraag voor elk geval een afzonderlijke studie noodig zou maken. Toch zal bij goede bekendheid met plaatselijke omstandigheden er waarschijnlijk wel een lijn te vinden zijn. Zoo konden wij bij zeven stikstofsoorten-proefvelden op zuren eschgrond duidelijk aantoonen, dat op het veld, waarbij ten gevolge van de hooge zuurheid van den grond zwavelzure ammoniak het meeste schade deed, de structuur het ongunstigst was. Bij een ander proefveld van dit zevental viel een zeer goede structuur op, die wij toeschrijven aan de ligging vlak bij de boerderij en de sterke stalmestbemesting, die daarvan een gevolg was. Dit was tegelijkertijd een proefveld, waarop de zwavelzure ammoniak opbrengsten opleverde, die maar zeer weinig voor die van chili en kalksalpeter onderdeden. In de practijk zal moeten blijken in hoeverre men bij willekeurige gevallen in staat zal zijn een verklaring te geven van de reactie van de plant op de kalk in zijn samenhang met den toestand van het veld.

HOOFDSTUK II

Suikerbieten

Een van de gewassen, waarmee men bij kalktoestandsproefvelden vaak de reactie van het gewas op den kalktoestand nagaat, is de suikerbiet. De oorzaak, dat men met dit gewas zoo graag proeven neemt, is daarin gelegen dat men bij kalktoestandsproefvelden veelal niet over veldjes beschikt met zoo'n groote zuurheid, dat bijv. een graangewas daar voldoende sterk op reageert, zoodat men dan beter een gewas kan nemen, dat zeer gevoelig is voor een gebrek aan kalk, zooals de suikerbiet bijv. is. Het algemeene beeld dat men bij reactie van suikerbieten op den kalktoestand krijgt, is dat van een eerst snelle en later langzamer toeneming van den oogst bij stijgende pH. Een goed voorbeeld van dit verloop vindt men in een publicatie van O. DE VRIES (20). Uit de daar gegeven curve blijkt duidelijk, hoe zelfs bij de hoogste pH, die op deze gronden door bekalking verkregen kan worden, de bietenopbrengst nog toeneemt. De in datzelfde artikel opgenomen kromme voor Petkuser rogge vormt tegenover de kromme voor bieten een meer volledig geval, daar na de aanvankelijke stijging reeds bij een betrekkelijk laag liggende pH de opbrengst niet meer toeneemt. Dit verklaart waarom rogge op veel proefvelden een geringe reactie te zien geeft, de bieten daarentegen een vrij sterke.

Op de proefvelden van het Rijkslandbouwproefstation zijn herhaaldelijk bieten verbouwd. Aangezien op deze velden vrij lage pH's voorkomen, konden op deze proefvelden zeer volledige krommen worden vastgesteld,

lopende van een opbrengst van practisch 0 tot 7000 kg suiker per ha. Voor dit artikel brachten wij alle aan de hand van de opbrengstgegevens geconstrueerde gemiddelde krommen bijeen en geven in fig. II het resultaat van deze samenvatting weer. Zoals te verwachten is worden onder verschillende

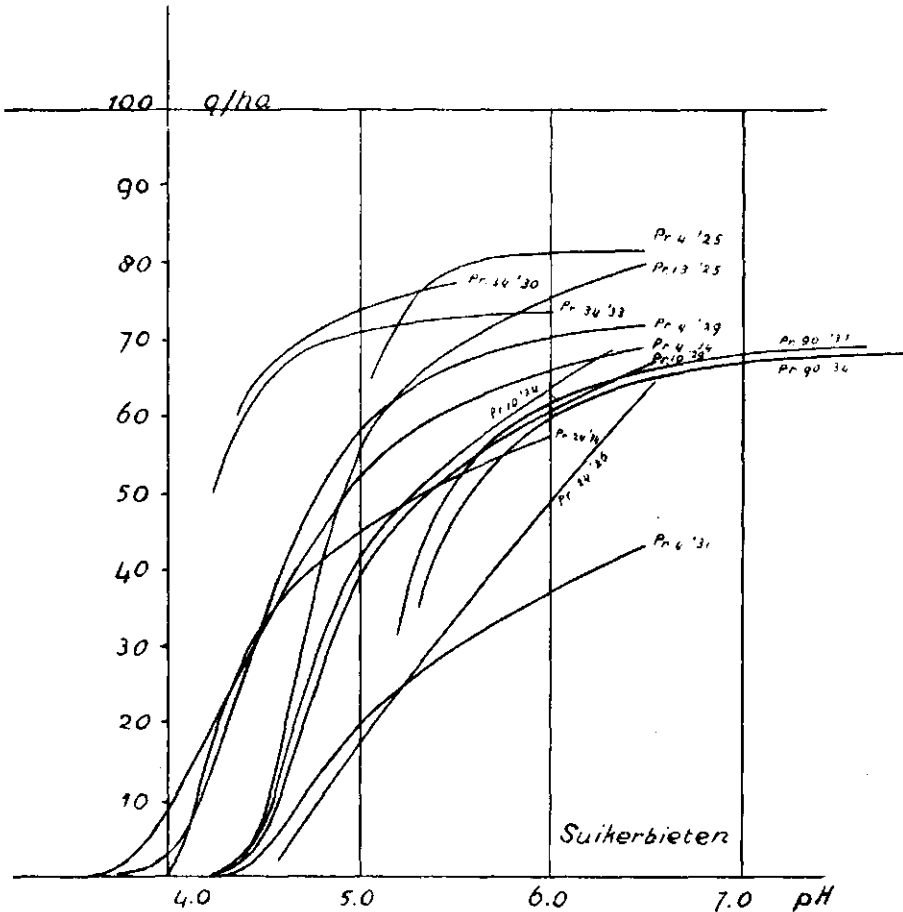


Fig. II

Reactie van de suikeropbrengst bij suikerbieten op de pH van den grond

omstandigheden verschillende krommen gevonden, niet alleen, omdat de hoogte van de opbrengst nog al wat invloed heeft, maar eveneens omdat de bieten het eene jaar een grooter weerstandsvermogen tegen de zuurheid van den grond blijken te hebben dan het andere jaar. Uit de teekening blijkt duidelijk, dat deze neveninvloeden aanleiding kunnen zijn tot een reactie op de zuurheid van den grond die zoodanig is, dat men in de gevonden curve

het type van de bietencurve niet meer terugvindt. Wij wijzen bijv. op de gemiddelde lijn, die wij construeerden op grond van de opbrengsten van Pr 4 in 1925, in fig. II het geval waarin de hoogste opbrengst verkregen werd. Wanneer men deze curve vergelijkt met de reeds genoemde kromme voor rogge, dan zal blijken, dat er maar weinig verschil in ligging en verloop te vinden is. Boven pH 5,5 is de opbrengst geheel onafhankelijk van den kalktoestand van den grond. Hieruit zal blijken, dat men wel globaal van een type van reactie bij bieten kan spreken, in zooverre dat bieten veelal bij hooge pH nog gunstig op een bekalking reageeren, maar de mate van reageeren kan sterk variëren.

In fig. II komen een paar punten naar voren, die in Hoofdstuk I § 3 reeds in algemeene lijn werden aangestipt. Wij maakten daar de opmerking, dat de pH bepaald wordt bij een constante verhouding water tot grond. Verandert men deze verhouding, dan verandert ook de pH eenigszins. Zou men bij de pH-bepaling echter met een constante verhouding van absorptief materiaal tot water werken, dan zou dit tot gevolg hebben, dat humeuze grond met veel minder water werd onderzocht, terwijl de bepaling op humus-armen grond bij een veel grooter hoeveelheid water zou plaats vinden. Zooals wij meedeelden heeft dit tot gevolg, dat de pH bij gronden met een hoog basenbindend vermogen wat hooger uit zal vallen. Wanneer wij nu in fig. II de krommen van het jaar 1930 en 1933 van Pr 34 beschouwen, dan blijken deze beide krommen een min of meer uitzonderlijke positie te hebben door hun verschuiving naar lage pH. Dit nu zijn krommen die bepaald werden op een proefveld met 40 % humus en 40 % klei, een grond dus met een hoog basenbindend vermogen. De T-waarde van dezen grond, bepaald volgens de methode van MASCHHAUPT en TEN HAVE, is omstreeks 90. Bij dezen grond werd nu onderzocht hoeveel de pH ongeveer zou stijgen wanneer deze bepaald werd bij een constante verhouding van water tot basenbindend vermogen, waarvoor de verhouding werd gekozen, die bij de overige proefvelden ongeveer voorkomt. Hierbij bleek, dat de pH dan ongeveer 0,4 pH eenheden stijgt. Wanneer men in de figuur de krommen over dat bedrag verschoven denkt, dan blijkt weliswaar de gemiddelde lijn nog steeds aan den zijkant van het door de andere krommen doorloopen traject te vallen, doch het verschil is vrij gering geworden. Wij zien hierin een aanwijzing dat mogelijk de pH, betrokken op constant basenbindend vermogen, voor het gebruik in de practijk minder complicaties met zich zal brengen dan de pH betrokken op grond, en dat het humusgehalte als actieve groeifactor voor een groot deel uitgeschakeld kan worden bij de interpretatie van de pH ten opzichte van den groei van het gewas, wanneer men zich bedient van een pH op de eerstgenoemde wijze bepaald.

Zou de reactie van den grond volgens deze methode bepaald, bij alle gronden, waarin humus geheel of grootendeels het basenbindend complex levert, op dezelfde wijze een inzicht in den toestand van dit complex geven, bij kleigronden, waar dus het basenbindend complex een anorganischen oorsprong heeft, dient men de pH van den grond op een geheel andere manier te beschouwen. Het zijn geheel andere evenwichten en verhoudingen, waarop hier de pH-bepaling reageert, dan bij humeuzen grond, en het inzicht, dat de pH in deze verhouding geeft, heeft in beide gevallen niet dezelfde beteekenis. Het proefveld Pr 90, waarvan de oogstjaren 1931 en 1934 voor de grafiek zijn gebruikt, blijkt buiten het door de andere curven doorloopen traject te vallen en is door het betrekken op een constant basenbindend vermogen niet zooveel te verschuiven dat het verschil in ligging te verwaarloozen klein wordt en men dus bij het beoordeelen van den zuurgraad den aard van den grond buiten beschouwing zou kunnen laten. Er bestaat wel degelijk een verschil in beteekenis van de pH van kleigrond en van humeuzen grond; dit verschil is zoodanig, dat de kleigrond een aanzienlijk hooger pH moet hebben dan een zandgrond.

De overige groeifactoren kunnen een grooten invloed hebben op de werking van de kalk. Daarom moet men bij het gebruik van de pH nauwkeurig op de overige omstandigheden letten. Deze invloed van de nevenfactoren gaat veelal in de richting, dat bij een gunstigen toestand ervan het gebied van hooge opbrengst zich naar lager waarde van den bestudeerden factor, in dit geval dus de hoeveelheid in den grond aanwezige kalk, verschuift. Een voorbeeld hiervan vinden wij in de vier krommen van Pr 4 in de jaren 1925, 1929, 1931 en 1934, waarbij dit principe van wisselenden weerstand zeer duidelijk tot uiting komt (zie fig. III). Bij deze vier jaren zijn twee extreme gevallen aanwezig. Eerstens het jaar 1931, waarin de biet een buitengewoon sterken invloed onderging van de ongunstige weersomstandigheden. Het proefveld was toen lang buitengewoon nat, er waren zelfs tijden, dat de bieten in het water stonden. Deze ongunstige omstandigheden komen duidelijk tot uiting in den oogst. Een opbrengst van 4500 kg suiker per ha is, zooals ieder duidelijk zal zijn, buitengewoon laag. In het jaar 1925 was het tegenovergestelde het geval. De weersomstandigheden waren toen uiterst gunstig en de opbrengst was de hoogste, die op dit veld, zoowel als op de andere velden voorkwam. De jaren 1929 en 1934 vormen meer normale jaren. Wanneer men nu deze vier krommen gezamenlijk beschouwt, komt hier het principe van den wisselenden weerstand op fraaie wijze tot uiting. De ongunstige invloed van de groote hoeveelheid water kan door kalk niet worden tegengegaan, maar wel bleek, dat de planten bij een pH 6,5 zeer veel beter in staat waren weerstand te bieden aan den nadeeligen invloed,

door dit teveel aan vocht veroorzaakt, dan het gewas, dat bij een pH 5,5 groeide. Terwijl dus in dit ongunstige jaar een tekort aan kalk zich zeer

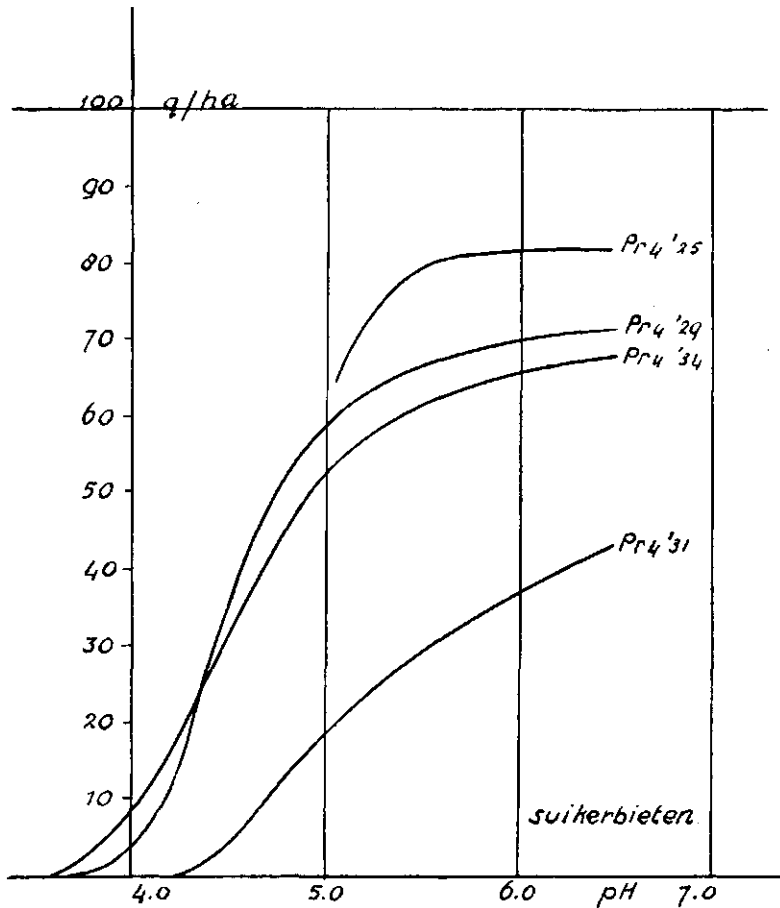


Fig. III

Verandering in den vorm van de opbrengstkromme bij suikerbieten op hetzelfde proefveld onder invloed van klimatologische factoren

scherp deed voelen, bleek in 1925 dat een daling van pH 6,5 op pH 5,5 praktisch geen invloed op de grootte van den oogst had. Men zou dus kunnen zeggen, dat de gunstige weersomstandigheden van 1925 het weerstandsvermogen van het gewas zoo deed stijgen, dat een aanzienlijke verlaging van de pH door het gewas zonder eenige moeite weerstaan kon worden, terwijl daarentegen in het ongunstige jaar 1931 het weerstandsvermogen door het teveel aan vocht reeds zoodanig verzwakt was, of dat andere

factoren een zoo ongunstigen invloed uitoefenden, dat een geringe verhooging van de zuurheid van den grond door het gewas niet kon worden weerstaan, waardoor een ernstige opbrengstdaling teweeg werd gebracht. Verhoogt men daarentegen de hoeveelheid kalk, die in den grond is, dan doet dit het weerstandsvermogen van het gewas toenemen, met als gevolg een veel minder grooten invloed van den ongunstigen vochttoestand.

Bij het overzien van de verschillende krommen, die in fig. II ingeteekend staan, valt op dat, hoewel de krommen lang niet alle hetzelfde verloop hebben, er toch een zekere gelijkmatigheid tot uiting komt. De algemeene indruk is een waaiervormig zich uitbreidende groep krommen, waarbij de krommen, die de hoogste opbrengsten geven, deze opbrengsten reeds geven bij een lage pH. Een enkele lijn valt door zijn vorm iets er uit. Wij wijzen bijv. op de kromme van Pr. 24 in 1926. Het aantal opbrengsten, waaruit deze kromme werd samengesteld, was echter niet groot, zoodat een waarnemingsfout hierbij mogelijk is.

Samenvattend kan men dus zeggen, dat in normale omstandigheden de optimale groei voor suikerbieten bij pH 7,0 op zandgrond nog niet bereikt is. In het bijzondere geval van zeer gunstige uitwendige omstandigheden is het echter zeer wel mogelijk, dat reeds bij pH 5,5 de maximale groei wordt bereikt.

HOOFDSTUK III

Thorbecke aardappelen

Het hier te behandelen gewas Thorbecke aardappelen heeft vooral voor veenkolonialen grond een groote economische beteekenis. De aardappelverbouw is daar zeer intensief en onder de veel verbouwde aardappelen neemt Thorbecke naast Eigenheimer wel de meest belangrijke plaats in. Het doel van de teelt van dit gewas is het verkrijgen van een zoo groot mogelijke zetmeelopbrengst. Behalve dit worden geen scherpe kwaliteitseischen gesteld. Dit verhoogt het belang van het kalkvraagstuk, aangezien een bekalking tot de juiste pH, tegenover het voordeel van de hoogere opbrengst, geen nadeel met zich brengt zooals bijv. bij consumptie-aardappelen door de schurftaantasting zoo sterk het geval is.

Wij zijn ons er van bewust dat het kalkvraagstuk bij aardappelen zeker niet het belangrijkste vraagstuk zal zijn. De aardappel is een plant, die ten aanzien van de zuurheid van den grond weinig eischen stelt en over het algemeen zelfs bij een lage pH een betere opbrengst geeft dan wanneer de grond een dichter bij het neutrale punt gelegen reactie geeft. Doch wanneer men in staat zou zijn door een juiste bekalking van den grond de opbrengst met eenige

procenten te doen stijgen, dan zal dit over het zoo uitgebreide areaal, dat met aardappelen beplant wordt, een meer-opbrengst geven, die in geld uitgedrukt een zeer aanzienlijk bedrag beteekent. Daarbij komt, dat in de Veenkoloniën het kalkvraagstuk in den laatsten tijd door intensieve propaganda en door het doen plaats vinden van regionaal grondonderzoek in het middelpunt van de belangstelling staat. Het leek ons van belang een overzicht te geven van wat het kalkvraagstuk ten opzichte van aardappelen beteekent, zoodat de waardeering van den bij het onderzoek gevonden zuurgraad verband houden met wat er ten aanzien van het gewas aardappelen bekend is omtrent de juiste pH.

Het aantal proefjaren van proefvelden van het Rijkslandbouwproefstation, waarin aardappelen verbouwd werden, is grooter dan van eenig ander gewas. De oorzaak hiervan ligt in de reeds zeer lang loopende proefvelden op de Proefboerderijen te Emmercompascuum en Borger Compagnie waarop, zooals in de Veenkoloniën gebruikelijk is, vaak om het jaar aardappelen verbouwd werden. Zeer vaak werd dan Thorbecke als industrie-aardappel verbouwd. Zoo beschikten wij over bruikbare resultaten van zeven proefjaren op zandgrond, zestien op ouden en zes op nieuwen dalgrond. Van de resultaten van deze proeven werden stippenkaarten vervaardigd, waarmee de samenhang tusschen zuurheid van den grond en opbrengst werd nagegaan en door een lijn werd aangegeven, welk verband gemiddeld gevonden werd. De bij aardappelen gevonden kromme is gewoonlijk van het type dat van lage pH naar gemiddelde pH langzaam stijgt, daarna tusschen pH 5,0 en 6,0 een optimum doorloopt en bij nog hooger pH langzamer of sneller daalt. Een voorbeeld van dit verloop werd reeds eerder gegeven (O. DE VRIES, 20).

Deze zoo op den voorgrond tredende eigenschap van de aardappelen om bij een gemiddelde pH de hoogste opbrengst te geven, vormt bij een onderzoek naar de reactie van den kalktoestand van den grond een moeilijkheid. In het algemeen moet men een optimum kromme beschouwen als ontstaan door de samenwerking van een invloed die de tendens heeft de opbrengst te vergrooten en een tegenwerkenden invloed, die dus de opbrengst tracht te verkleinen. Wanneer men zich beweegt van een toestand van lage naar een toestand van hooge pH, dan is bij lage pH vooral de invloed merkbaar, die de verhoogende tendens heeft. Onder invloed van dezen factor ziet men dan ook in de meeste gevallen de opbrengst tusschen pH 4,0 en 5,0 stijgen. Bij hooge pH begint echter de factor invloed te krijgen, die de opbrengstdaling teweeg brengt en die bij bijv. pH 5,0 den oogst ook reeds drukt. Wanneer men zich nu indenkt, dat in het eene geval een van deze factoren ten opzichte van den anderen wat sterker werkt dan in een ander geval,

dan kan dit een aanzienlijke verschuiving van het optimum met zich brengen. Stelt men zich bijv. voor dat bij hoge pH de factor, die de opbrengst drukt wat minder sterk is, dan zal dit tot gevolg hebben, dat deze invloed bij een

Thorbecke op ouden dalgrond

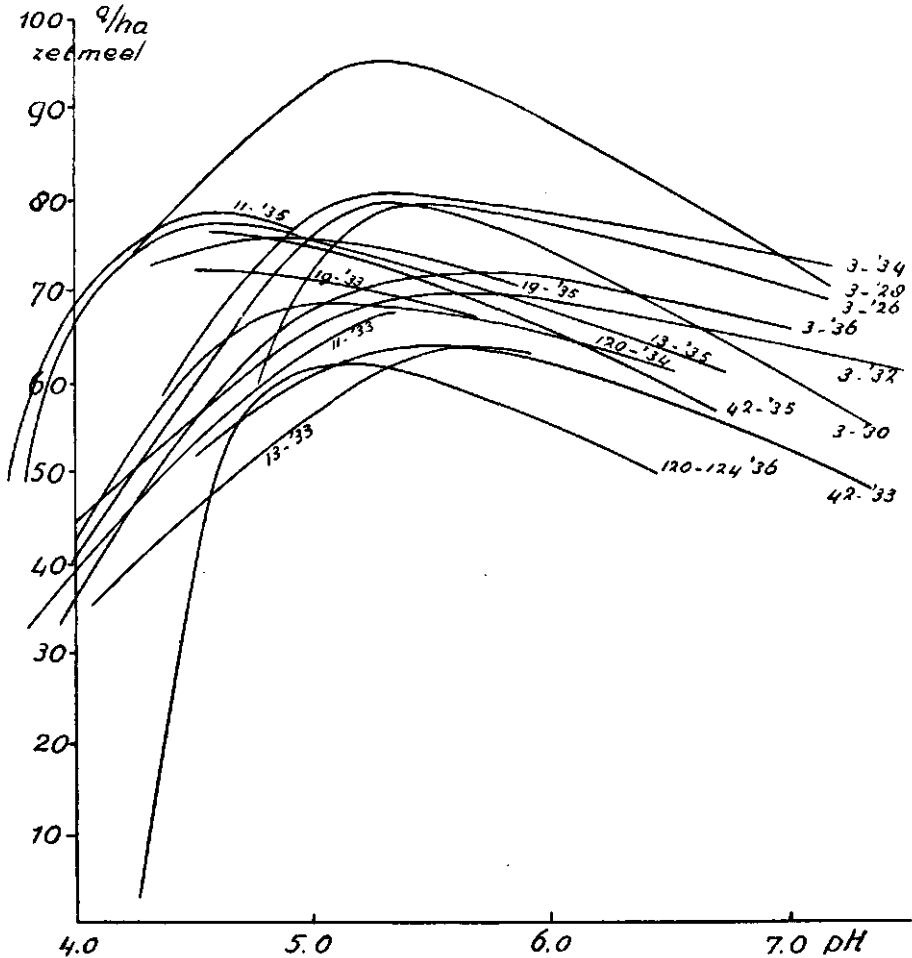


Fig. IV

Invloed van de pH op de zetmeelopbrengst van Thorbecke aardappelen op ouden dalgrond

gemiddelde pH betrekkelijk klein is. De factor, die de opbrengst verhoogt, overheerscht daar dan dus, en het gevolg daarvan is dat het optimum eerst bij hooger pH op zal treden. Was echter deze opbrengstverminderende factor in sterkere mate aanwezig, dan zou het zeer wel mogelijk zijn, dat deze

factor den invloed overheerschte, die de opbrengst doet stijgen. Dientengevolge zou het optimum naar lager pH verschoven worden. Nu is het echter niet bekend welke factor den oogst doet dalen. Wij nemen aan, dat de stijging van den oogst wordt veroorzaakt door den invloed van de pH, zooals wij dat ook bij andere gewassen aantreffen. Uit deze theoretische overweging mag men verwachten dat bij aardappelen het beeld minder fraai zal zijn dan bij graan of bij suikerbieten, omdat het vinden van een regelmaat bij twee varieerende factoren moeilijker is dan wanneer slechts een factor variabel is.

In Hoofdstuk I, waarin wij algemeene beschouwingen gaven omtrent de verschillende invloeden, die de pH-opbrengstcurve kunnen wijzigen, hebben wij den invloed van het humusgehalte op de grootte van de pH vermeld. Op de veenkoloniale gronden kan men zeer aanzienlijke schommelingen in het humusgehalte aantreffen. Toch komt de invloed van dit humusgehalte in de in fig. IV en V gegeven krommen niet tot uiting, aangezien op de proefvelden in kwestie deze variaties niet zoo groot waren en bovendien de invloed van het humusgehalte eerst sterk tot uiting komt, wanneer dit humusgehalte zeer groot is. In de gebieden van den ouden zoowel als den nieuwen dalgrond zal men met dezen factor slechts in zeer bijzondere omstandigheden rekening behoeven te houden.

Ook vestigden wij de aandacht op den invloed, die nevenfactoren uitoefenen op de reactie van den bestudeerden factor. Om dien invloed te bestudeeren, dient men alle gevonden krommen met elkander te vergelijken. Wij brachten hiertoe de curven samen in drie afzonderlijke grafieken, waarin de proefveldresultaten gescheiden werden naar de grondsoorten. In fig. IV vindt men de proefvelden op ouden dalgrond samengebracht. Fig. V geeft de resultaten op nieuwen dalgrond, terwijl in fig. VI de krommen voor zandgrond werden ingeteekend. Op de beide dalgronden is de invloed van de nevenfactoren waarschijnlijk weinig variabel geweest, gezien het feit dat de maximale opbrengsten elkaar op nieuwen dalgrond doch ook op ouden dalgrond betrekkelijk weinig ontloopen. Met eenigen goeden wil kan men uit deze beide figuren wel weer zien, dat wanneer de maximale opbrengst hoog is, het gebied van hooge opbrengst zich uitbreidt naar lager pH, doch duidelijk komt dit niet naar voren. Op ouden dalgrond vindt dit veelal zijn oorzaak, doordat de krommen van Pr 3, waarvan zes jaren in deze figuur vertegenwoordigd zijn, zich anders gedragen dan de meeste andere krommen. Nu is het proefveld Pr 3 een veld op een op het terrein van het Rijkslandbouwproefstation aangevoerden grond. Over een bepaalde oppervlakte is de daar aanwezige grond meer dan 1 m weggegraven en van uit de Veenkoloniën werd zooveel grond aangevoerd, als noodig was om het terrein weer

in normalen toestand te krijgen. Hierbij werd de grond op dezelfde manier in lagen neergelegd als dit bij het aanmaken van dalgrond gebruikelijk is. Hoewel dus zooveel mogelijk getracht is een grond te krijgen, die geheel te

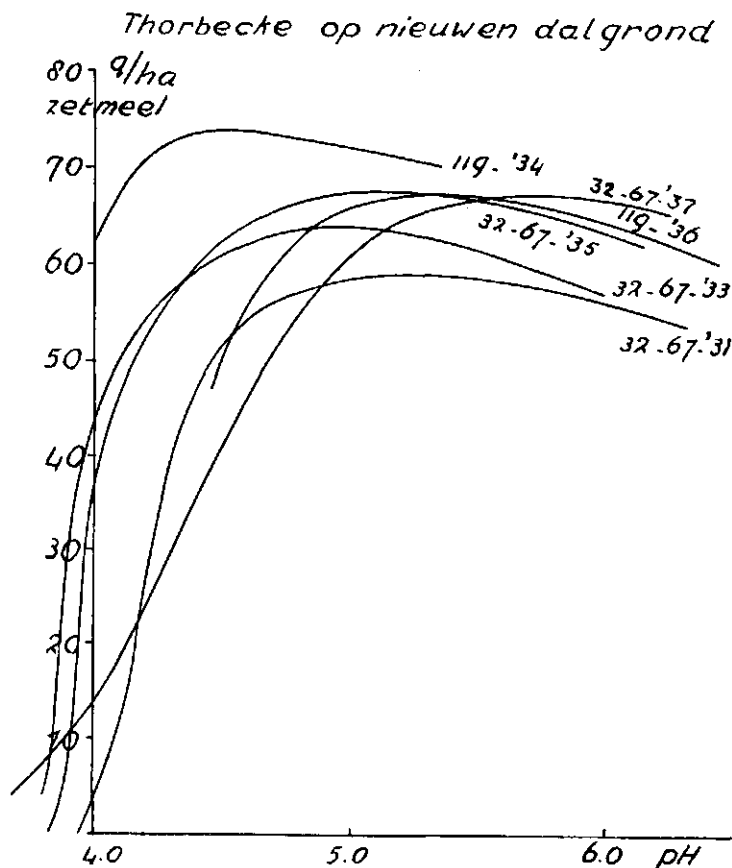


Fig. V

Invloed van de pH op de zetmeelopbrengst van Thorbecke aardappelen op nieuwen dalgrond

vergelijken was met den grond, zooals men die in het veenkoloniale gebied vindt, is het toch mogelijk dat er nevenomstandigheden zijn, die maken, dat deze grond een eigen, afwijkende reactie geeft.

Bekijken wij de krommen voor Pr 3 afzonderlijk, dan blijkt dat de verschuiving van het optimum bij hooge maximale opbrengst duidelijk tot uiting komt. Bij een zetmeelopbrengst van 7000 kg per ha werd de maximale groei verkregen bij een pH 5,6; bij een maximale opbrengst van 9500 kg

per ha, zooals in 1928 voorkwam, werd het optimum reeds bij pH 5,2 gevonden. Beschouwt men daarnaast de proefvelden, die in de Vecnkoloniën waren gelegen, dan blijkt hier ook weer eenzelfde tendens tot uiting te komen. Bij deze proefvelden vindt men het optimum bij pH 5,4 wanneer de maximale opbrengst 6000 kg per ha zetmeel bedraagt. Bij 8000 kg per ha wordt de optimale opbrengst echter reeds bij pH 4,6 bereikt. Bij dezen ouden dalgrond blijkt dus, dat bij een verhooging van opbrengst de weerstand van het gewas bij een lage pH nog aanzienlijk sneller toeneemt dan dit op Pr 3 het geval was.

Bij de nieuwe dalgronden is het aantal proefvelden slechts vijf en dit aantal is te gering om omtrent het principe van den wisselenden weerstand waarnemingen te kunnen doen.

Bij de zandgronden in fig. VI komen wel lage opbrengsten voor en dus zou men hier een duidelijker reactie volgens het principe van den wisselenden weerstand mogen verwachten. Ook hier blijkt echter de individueele eigenaard van elk proefveld zoo sterk te zijn, dat zij zeer veel bedekt. Nemen wij echter de drie jaren van Pr 24 apart, dan blijkt in het slechte oogstjaar in 1931, toen de maximale opbrengst slechts 4000 kg bedroeg, de optimale pH bij 5,6 te liggen. 1929 was een gunstig jaar voor aardappelen: de hoogst bereikte opbrengst was dat jaar 8000 kg per ha; in dat jaar werd de optimale opbrengst reeds bij pH 5,1 gevonden. Het oogstjaar 1936 met een opbrengst van 5500 kg zetmeel per ha geeft een verschuiving te zien van de optimale pH, die zich aansluit bij de verschuiving, die in het andere jaar gevonden werd. De gegevens, die van dit proefveld in andere jaren verkregen werden, toen het proefplan nog eenvoudiger was en de pH's van de verschillende objecten minder ver uiteenliepen, zijn van te geringe waarde om daaraan conclusies omtrent de verschuiving van den optimalen zuurgraad te verbinden.

Bij nauwkeurige bestudeering van de drie figuren valt op, dat verschillende proefvelden een afwijkende positie innemen ten opzichte van de andere. Zoo liggen de optima voor de pH bij Pr 3 in fig. IV aanzienlijk hoger dan die van de andere proefvelden, terwijl in fig. VI de optimale pH voor Pr 24 in alle drie jaren lager uitvalt dan bij de andere in die figuur opgenomen curven. Het blijkt hieruit, dat de grond, waarop een proefveld ligt, een speciefken invloed uit kan oefenen. In dit verband is het van belang na te gaan in hoeverre de drie grondtypen, waarin wij de curven splitsten, een eigen reactie op het gewas vertoonen. Opvallend is bij den nieuwen dalgrond, fig. V, de zeer steile daling van de curve tusschen pH 4,5 en 4,0. Vergelijkt men echter dit beeld met fig. IV, dan blijkt dat dit niet specifiek is voor nieuwen dalgrond, aangezien ook Pr 120 en 124 op ouden dalgrond eenzelfde verloop te zien geven. Wanneer men de curven van 1935 van Pr 11, 13, 19

en 42 op ouden dalgrond vergelekt met die van Pr 119 op nieuwen dalgrond, dan blijkt wat betreft vorm en ligging tussehen deze krommen een zeer groote overeenkomst te bestaan. Sluit men bij den ouden dalgrond Pr 3 uit, dan

Thorbecke op zandgrond

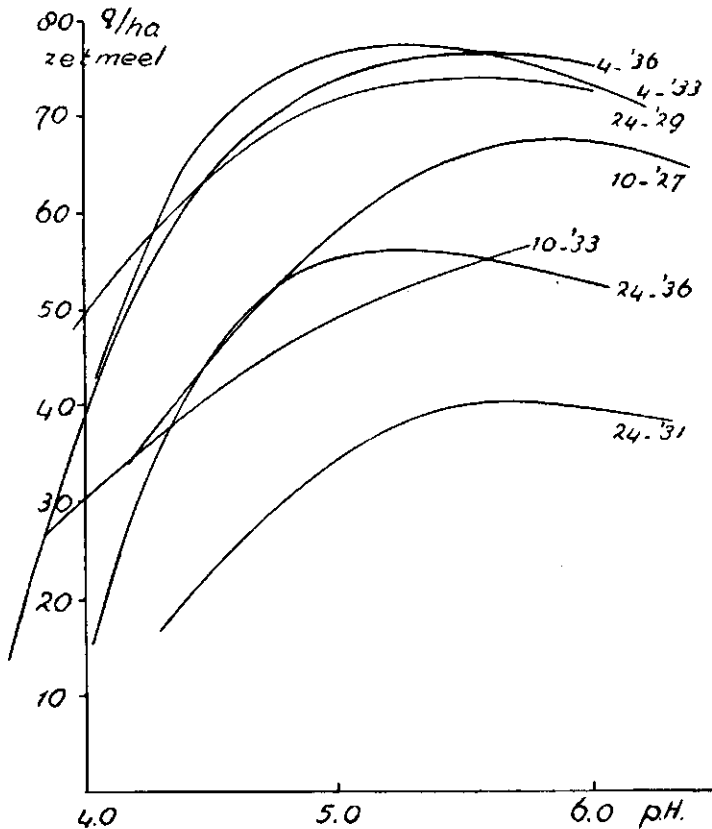


Fig. VI

Invloed van de pH op de zetmeelopbrengst van Thorbecke aardappelen op zandgrond

is de overeenkomst zoo groot, dat het maken van een onderscheid niet gerechtvaardigd is. Op zandgrond in fig. VI is over het algemeen de helling van het stijgende deel van de curven zwakker dan bij den nieuwen dalgrond. Het is echter niet mogelijk hieruit een typisch verschil tussehen zand- en dalgrond af te leiden, aangezien de krommen bij zandgrond onderling zoo sterk verschillen, dat men geen afzonderlijk type op zandgrond vaststellen kan. Wij komen dus tot de conclusie dat de globale onderscheiding in zand-

grond, ouden dalgrond en nieuwen dalgrond ten opzichte van het kalkvraagstuk weinig belang heeft. Van grooter belang zal ongetwijfeld zijn het karakteriseeren van den grond naar voedingstoestand en waterhuishouding. Hierover ontbreken ons echter voldoende gegevens, zoodat wij er niet nader op in kunnen gaan.

Samenvattend kan dus gezegd worden dat de Thorbecke aardappelen op een voor dit gewas typeerende wijze reageeren op den kalktoestand van den grond. Karakteristiek is hierbij de sterke stijging bij lage pH, die allengs geringer wordt en na het optimum overgaat in een daling. Binnen dit karakteristieke type is een groote variatie mogelijk. De optimumwaarden voor de pH kunnen variëren tusschen 5,6 en 4,6. Uit de curven blijkt, dat de aardappel zich op zuren grond nog goed thuis kan voelen. Bij den ouden dalgrond bijv. groeide op Pr 11 en 13 bij pH 4,0 nog een gewas met een opbrengst van 7000 kg zetmeel per ha. Bij grond in zeer goeden toestand zullen aardappelen over het algemeen van den zuurgraad weinig last ondervinden. Bij een veel minder gunstigen toestand van den grond, zooals die op zandgrond kan voorkomen, kan een aanzienlijk hooger pH noodzakelijk zijn, en men dient op dezen grond met de bekalking over het algemeen tusschen pH 5,0 en 6,0 te blijven. Een optimale oogst is, ook bij de meest gunstige omstandigheden, eerst boven pH 4,6 mogelijk. Of het principe van den wisselenden weerstand bij aardappelen optreedt, is niet met zekerheid vast te stellen, wanneer men verschillende jaren van een proefveld afzonderlijk beschouwt. Neemt men alle proefvelden tezamen, dan is deze tendens zwak aanwezig. De gunstigste pH is bij Thorbecke op dalgrond veel minder afhankelijk van de absolute hoogte van den oogst dan wij in Hoofdstuk IV bij rogge zullen aantreffen. Het pH optimum ligt veel minder uiteen bij een goed of minder goed geslaagd gewas.

HOOFDSTUK IV

Petkuser rogge

Op zandgrond is Petkuser rogge ongetwijfeld het gewas, dat het meest verbouwd wordt en overal in ons land het veelvuldigst voorkomt. Het gewas heeft, zooals wel blijkt uit het voorkomen onder allerlei omstandigheden, een buitengewone geschiktheid voor deze zandgronden, die over het algemeen aan den zuren kant zijn. Petkuser rogge is dan ook een gewas, dat maar weinig invloed ondergaat van de zuurheid van den grond. Als proefgewas op kalktoestandsproefvelden is het dus eigenlijk betrekkelijk weinig geschikt, aangezien op de zuurste veldjes over het algemeen maar een geringe oogstdepressie optreedt. Daartegenover staat, dat het gewas in een normale vrucht-opvolging onmisbaar is, zoodat men op een op zand gelegen kalkproefveld

om de twee of drie jaar wel op Petkuser rogge moet komen. Het aantal waarnemingen, dat over dit gewas beschikbaar is, is daardoor zeer uitgebreid. De opbrengsten, verkregen op door den Voorlichtingsdienst geëxploiteerde kalkproefvelden, werden, voor zoover de resultaten beschikbaar waren, door P. BRUIN samengevat (15). In deze publicatie geeft BRUIN een fraai bewijs van het voorkomen van reacties van het gewas volgens het principe van den wisselenden weerstand en toont aan, dat bij een hogere maximale opbrengst een zeer duidelijke verschuiving van de hoge opbrengst naar lage pH voorkomt.

Ook op de proefvelden van het Rijkslandbouwproefstation kwam een aantal malen Petkuser rogge als graangewas voor. Wij brachten de resultaten van deze proefvelden bijeen, om den invloed van de zuurheid van den grond op de opbrengst na te kunnen gaan. Hierbij bleek de reactie van dit gewas op de zuurheid van den grond overeen te komen met de normale voor granen gevonden kromme, waarop reeds in vorige hoofdstukken werd gewezen. Een zeer scherpe stijging bij lage pH gaat over in een vlak verloopende of iets dalende kromme, die dus weinig of niet meer op de zuurheid van den grond reageert.

Aan de hand van dit hier bijeen gebrachte materiaal, dat door fig. VII wordt weergegeven, hebben wij ook voor dit gewas nagegaan, of de in het eerste hoofdstuk genoemde mogelijkheden aan dit materiaal aangetoond konden worden. De invloed van het humusgehalte van den grond was echter niet na te gaan. Op het proefveld Pr 34, waaraan wij voor gerst en suikerbieten de aanwijzingen ontleenden, dat bij hoog humusgehalte het optimum van groei lager moet liggen, was in het jaar dat een duidelijke kromme met Petkuser rogge verkregen werd, geen veldje, waarop een voldoende lage pH voorkwam, zoodat de ligging van het optimum niet onderzocht kon worden. Ook van de nevenfactoren blijkt uit het bijeengebrachte materiaal geen duidelijke invloed uit te gaan. Wel bestaan er eenige aanduidingen, dat bij hooger opbrengst het optimum naar lager pH verschuift, doch deze aanwijzingen zijn zeker niet zoo scherp als die, welke uit het materiaal van BRUIN naar voren komen. Nu komen de in fig. VII weergegeven krommen alle van dal- of van veengrond. Wij gingen na, of deze proefvelden de conclusie van BRUIN ondersteunden, door ons materiaal aan het door hem gegevene toe te voegen. Fig. VIII geeft dus alle krommen van door Consulanten geëxploiteerde proefvelden en van de proefvelden van het Rijkslandbouwproefstation, voor zoover het materiaal gepubliceerd of op andere wijze voor ons toegankelijk was. Dit beteekent dus, dat in fig. VIII alle in ons land opgedane ervaring op zand- en dalgrond is vertegenwoordigd, voor zoover deze vastgelegd en beschikbaar is. Uit fig. VIII blijkt nu duidelijk

dat het materiaal van de proefvelden van het Rijkslandbouwproefstation voornamelijk in het bovenste gedeelte van de door BRUIN gegeven figuur

Opbrengst

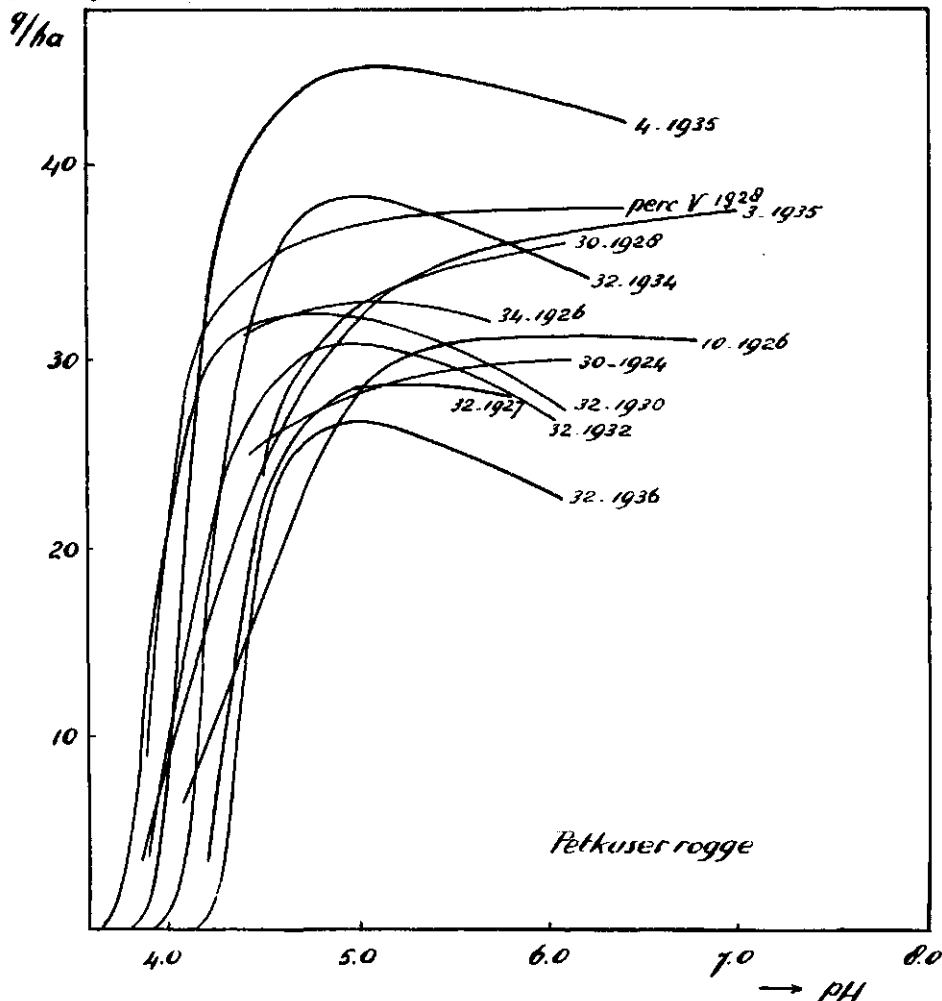


Fig. VII

Samenhang tusschen de pH en de korrelopbrengst bij rogge op proefvelden van het Rijkslandbouwproefstation

valt en dat de door hem getrokken conclusie over de verschuiving van het optimum bij hoge opbrengsten ondersteund wordt. Dit resultaat is daarom des te waardevoller, omdat de proeven door BRUIN bewerkt, hoofdzakelijk op zand gelegen waren en dalgrond, met een uitzondering van een proefveld

geen belangrijk verschil gaf. Dit vereenvoudigt voor humeuzen grond het probleem aanzienlijk en bij den tegenwoordigen stand van het vraagstuk kan men dus zeggen dat, wanneer een opbrengst maximaal omtrent 2000 kg per ha is, de optimale zuurgraad voor Petkuser rogge boven pH 6,0 ligt, terwijl de maximale opbrengst van omstreeks 4000 kg op grond, die tot een dergelijken oogst in staat is, reeds bij pH 4,8 verkregen kan worden. Dit resultaat kan natuurlijk niet anders dan een globale uitspraak beteekenen. De omstandigheden zullen hier een zekere variabiliteit veroorzaken, doch als gemiddelde van wat gedurende vele jaren op proefvelden onder zeer verschillende omstandigheden is vastgesteld, is deze gemiddelde uitkomst voor de practijk zeker van belang. Opmerkelijk is, hoe in fig. VIII het meereendeel van de krommen convergeert naar een opbrengst gelijk 0, die tusschen pH 3,8 en 4,0 zal optreden. Men krijgt heel sterk den indruk, dat de pH-opbrengstkrommen kunnen worden weergegeven door een aantal uit één punt waaivormig zich uitbreidende lijnen, waarvan de krommen met een zwakke helling op het laagste niveau hun maximum bereiken, terwijl de krommen, die aangeven dat het gewas bij lage pH sterk op een bekalking reageert, voornamelijk voorkomen bij die proefvelden, waar de maximale oogst hoog is. In dit geval wordt de maximale oogst meestal reeds bij een lage pH bereikt, waarboven de opbrengst op verandering in pH niet of weinig meer reageert. Vooral bij rogge komt de gelijksoortigheid van de krommen zeer sterk tot uiting, zonder dat daarom de krommen gelijk zijn. Indien een verschuiving van het optimum optreedt moet men zich dit dus niet voorstellen als een verschuiving van de geheele curve. De pH, waarbij het gewas niet meer kan groeien, verandert niet of althans zeer veel minder sterk. In werkelijkheid kunnen de planten een klein tekort bij gunstige nevenomstandigheden zonder eenige moeite verdragen. Wordt echter het kalktekort grooter, dan neemt deze ongunstige omstandigheid steeds meer een overheerschende positie in en zijn gunstige nevenomstandigheden steeds minder in staat den minder goeden invloed op te vangen. Beneden pH 4,0 is dan eindelijk het kalktekort zoo groot geworden, dat de overige groeifactoren er in het geheel niet meer toe doen, het gewas brengt niets meer op, onafhankelijk van de bemesting, die men behalve kalk zou geven. Dit houdt de belangrijke aanwijzing in dat, wanneer het kalkgebrek vrij sterk is en dus de relatieve invloed van de overige groeifactoren gering is, het gewas voor verdere bemesting zeer ondankbaar is. Onder deze omstandigheden zal het „dwingen” van het gewas door het geven van een zeer rijke bemesting niet tot succes voeren, doch moet men kalk geven. Is daarentegen het kalktekort betrekkelijk gering, dan kan men wel met succes het gewas „dwingen”. Bij een pH boven 4,8 is men bij rogge in staat de maximale

opbrengst van het gewas onder de gegeven omstandigheden te bereiken, indien men de groeifactoren, die in het minimum zijn, kent en voldoende kan opvoeren.

Fig. VIII geeft duidelijk aan, welke eischen de rogge gemiddeld stelt aan den kalktoestand. In zeer gunstige gevallen zal een gewas bij een zuurgraad van 4,6 à 4,8 maximale opbrengsten blijken te leveren, doch in die gevallen zal de daling van de pH beneden 4,6 maar zeer gering behoeven te zijn om een volledigen misoogst te leveren. Bij ongunstige omstandigheden zal men daarentegen een pH van 6,0 tot 6,5 dienen te hebben om een zoo goed mogelijke opbrengst te verkrijgen. Een wat lagere pH geeft daarbij betrekkelijk weinig verschil; eerst groote verschillen zijn in staat duidelijke oogstdepressies in het leven te roepen. De overige gevallen staan hier tusschen in. Moet er in een bepaald geval een oordeel worden gegeven over de voor een veld gewenschte pH, dan zal de beslissing geheel in handen gelegd dienen te worden van de plaatselijke voorlichters. Hun oordeel over het productievermogen van den grond toch zal uit moeten maken, of een hooge dan wel een lage pH nagestreefd zal moeten worden. De bewerking van dit materiaal wijst duidelijk aan, dat de adviezen inzake het kalktoestandsprobleem gegeven zullen moeten worden door een directe en innige samenwerking tusschen den onderzoeker in het laboratorium en den deskundigen voorlichter in het veld.

HOOFDSTUK V

Goudgerst

Gerst is een gewas dat op zand- en dalgronden slechts zeer weinig verbouwd wordt. Wat hiervan de oorzaak is, is niet geheel duidelijk. Het gewas wordt als een onvoldoend rendabele vrucht beschouwd, waarvan de opbrengsten vaak te laag zijn en veelal te wisselvallig om een rendabele teelt mogelijk te maken. Een tiental jaren geleden, toen de Goudgerst juist aan de markt kwam en opviel door haar stevig stroo, bestond een tijdlang de opvatting, dat dit ras wellicht voor zand- en dalgronden wel geschikt zou zijn. Later is deze teelt echter weer achteruit gegaan, wellicht mede ten gevolge van de steunmaatregelen en de economische verhoudingen van de laatste tijden. Men beschouwt de Goudgerst vaak als een wat gevoelig gewas, dat vrij hooge eischen aan den grond stelt. Hierin zou ook de verklaring liggen, dat gerst eigenlijk op kleigronden zou thuishooren en voor zandgronden veel minder geschikt zou zijn. Ook ten aanzien van den kalktoestand meent men wel, dat gerst betrekkelijk hooge eischen stelt.

Op verschillende kalktoestandsproefvelden van het Rijkslandbouwproefstation te Groningen werd in het geheel negen malen Goudgerst verbouwd. In de hierna gegeven samenvatting gingen wij na, welke eischen dit gewas ten opzichte van de zuurheid van den grond stelt om uit te maken, in hoeverre de gerst andere eigenschappen heeft dan de voor zandgrond bijv. meer geschikte rogge. De reactie van de gerst op de zuurheid van den grond kon op de proefvelden goed nagegaan worden, aangezien de pH tusschen wijde grenzen varieert. De opbrengsten liggen tusschen 0 en 4000 kg korrel per ha. Wij brachten in de figuur alle curven van de op genoemde proefvelden verkregen oogsten samen, waarbij de gemiddelde krommen worden weergegeven, die geconstrueerd werden op grond van de tot stippenkaarten verwerkte opbrengstresultaten en grondanalyses op een wijze, zooals dit elders werd uiteengezet. De in fig. IX afgebeelde krommen geven duidelijk het beeld weer van het voor granen gewoonlijk gevonden type, nl. een snelle stijging die bij een matige zuurheid van den grond overgaat in een vlak, of soms iets dalend, gedeelte. Binnen dit type blijkt echter een ruime variatie te bestaan, zooals wij dit o. a. voor suikerbieten reeds beschreven.

Van de in het eerste hoofdstuk genoemde reacties van het gewas komen in deze figuur eenige voorbeelden tot uiting. Wij vestigden daar de aandacht op den invloed van den humus op de waarde van de pH. Bij een hoog humusgehalte valt de pH lager uit, wanneer men een constante hoeveelheid grond neemt, dan wanneer men de pH in een suspensie met een constante hoeveelheid absorptief materiaal bepaald zou hebben. Bij de bespreking van de resultaten van de suikerbieten wezen wij ook op dit verschijnsel, naar aanleiding van de opbrengstkromme van Pr 34. Ook bij deze krommen voor Goudgerst valt op, dat de opbrengsten, op Pr 34 bepaald, bij een lage pH nog vrij hoog blijven, in tegenstelling met andere proefvelden, waar dan reeds een aanzienlijke oogstdepressie optreedt. Wij zetten uiteen, dat indien de pH op een constante hoeveelheid absorptief materiaal zou zijn betrokken, de kromme voor dit proefveld ongeveer 0,4 pH eenheden hooger zou zijn komen te liggen. Zou in de tekening de curve uitgezet zijn onder gebruikmaking van een dergelijke pH-bepaling, dan zou betrekkelijk weinig veranderen, doch alleen de krommen voor Pr 34 zouden wat meer naar den alcalischen kant verschoven zijn. Hierdoor zouden de krommen veel beter in het door de andere curven doorloopen traject vallen, vooral voor het geval van de opbrengst van Pr 34 van 1934, die nog al wat naar den zuren kant verschoven ligt. De kromme van 1931 van ditzelfde proefveld valt vrij goed binnen het traject, dat door de curven van de overige proefvelden doorloopen wordt, doch ligt ook nog eenigszins aan den zuren kant. Door de verschuiving over 0,4 pH-eenheden naar rechts valt ook deze lijn

beter samen met den algemeenen gang van de andere lijnen, zoodat evenals voor het geval, dat wij bij suikerbieten bespraken, er aanwijzingen zijn,

Opbrengst

g/ha

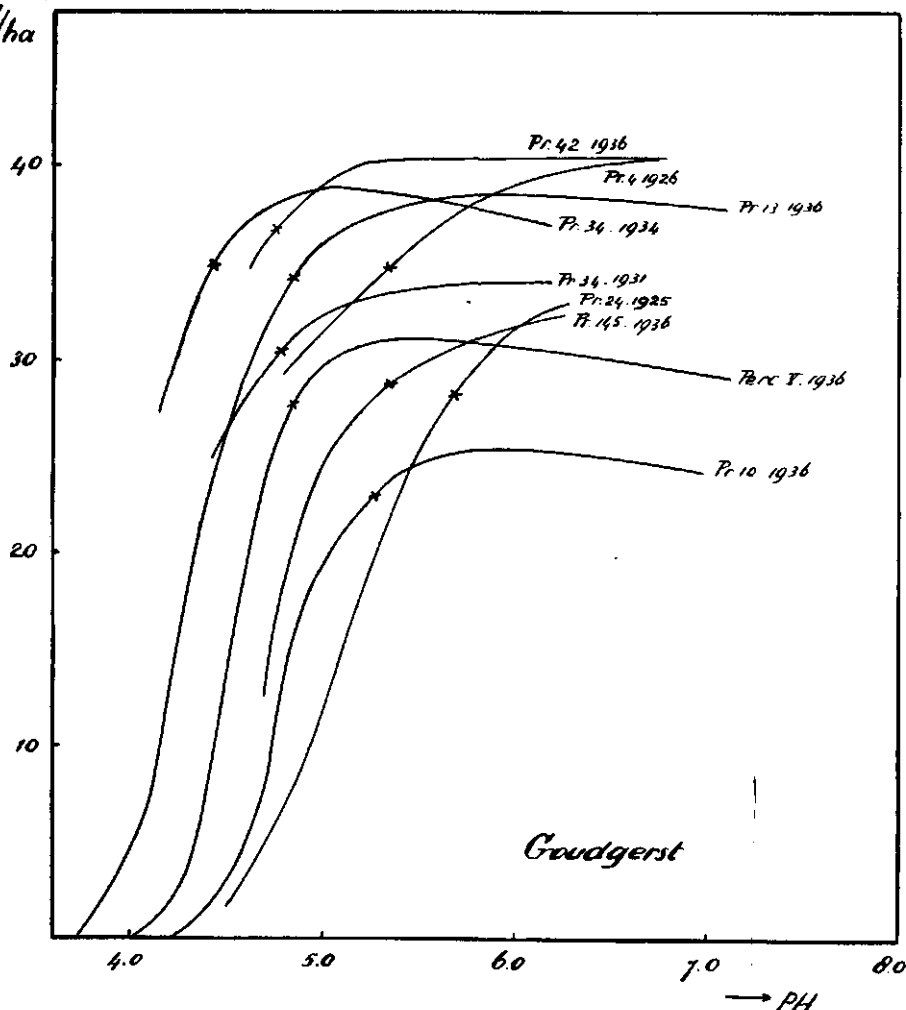


Fig. IX

Reactie van de korrelopbrengst van Goudgerst op de pH

dat bij deze veenige klei men beter een andere verhouding kan nemen dan die van een bepaalde hoeveelheid grond op water en wel dat men het best deze verhouding zou kunnen afstemmen op de hoeveelheid absorptief materiaal, die in den grond voorkomt.

In hetzelfde hoofdstuk, waarin de algemeene beschouwing gegeven werd, wezen wij op den invloed van de nevenomstandigheden op het verloop van de opbrengstkromme. Het blijkt, dat de hier verzamelde gegevens voor gerst een aardige bijdrage leveren voor het bestaan van het principe van den wisselenden weerstand. Bij hooge maximale opbrengsten blijkt in de teekening duidelijk, dat een kalktekort een veel minder ongunstigen invloed heeft. In de grafiek volgt dit daaruit dat, hoe hooger de lijn gelegen is, des te meer ligt het gebied van hooge opbrengsten naar links en des te meer is het dus naar den zuren kant uitgebreid. Om dit beeld nog eens te verduidelijken hebben wij in elke curve aangegeven waar het punt lag, waarbij een oogstdepressie van 10 % optrad, ten opzichte van de opbrengst bij pH 6,0. Een kruisje geeft dit punt aan. De ligging van deze kruisjes ten opzichte van elkaar wijst duidelijk op het principe van den wisselenden weerstand. De hoogste kruisjes liggen links en de laagste rechts. De opbrengstdepressie treedt dus bij hooge opbrengsten eerst bij veel lager pH op. Bij het beoordeelen van dezen samenhang dient men er nog aan te denken, dat bij de andere wijzen van bepaling van de pH de punten voor de beide jaren van Pr 34 0,4 pH eenheden naar rechts zouden zijn verschoven, waardoor het beeld nog duidelijker zou zijn geworden. Uit fig. IX blijkt, dat de vergrooting van het weerstandsvermogen bij vergroote opbrengst nog al aanzienlijk wat bedraagt. Wanneer men met gemiddelde cijfers aangeeft bij welke pH 10 % oogstdepressie ongeveer optreedt, dan blijkt dit bij een opbrengst van 2500 kg per ha reeds bij pH 5,1 plaats te vinden, terwijl bij een opbrengst van 4000 kg per ha dit punt eerst bij pH 4,6 bereikt wordt. Wat de zuurheid van den grond betreft kan men dus nog met een zeer behoorlijk succes gerst verbouwen bij een zeer lage pH, een pH, waarbij men tot nog toe onder alle omstandigheden een bekalking noodig zou achten, ook wanneer niet het gewas gerst verbouwd zou worden, waarvan men tot nog toe aannam, dat het ten aanzien van den kalktoestand hooge eischen stelde.

Enkele kruisjes vallen wat buiten het door de andere ingenomen gebied; vooral valt dit op bij Pr 24 en Pr 4. Het proefveld Pr 24, gelegen op een goed vochtigen, matig humeuze zandgrond, toont een verloop van de opbrengstkromme dat, evenals dit bij de beschouwing over suikerbieten bleek, eenigszins buiten het algemeen verband valt. De opbrengstkromme ligt voor dit proefveld nog al wat naar rechts verschoven en het lijkt er op, dat op dezen grond de krommen een afzonderlijk type vormen en dat dus ten aanzien van de pH-opbrengstcurve karakteristieke verschillen op de verschillende grondsoorten optreden, die niet door het humusgehalte en de ligging van het vruchtbaarheidsniveau te verklaren zijn.

Pr 4 is het proefveld gelegen op een van elders aangebrachten grond op het terrein van het Rijkslandbouwproefstation met een matig humusgehalte en een gewoonlijk goeden vochttoestand. Terwijl bij de suikerbieten dit proefveld geen afzonderlijke plaats innam, blijkt dit bij gerst wel eenigszins het geval te zijn. Deze bijzondere ligging kan niet er aan toegeschreven worden, dat dit een zandproefveld is tegenover de andere proefvelden, die op dalgrond gelegen zijn, omdat ook Pr 10 op een weinig tot matig humushoudenden zandgrond gelegen is, die in een niet erg gunstigen vruchtbaarheidstoestand verkeert. Dit proefveld volgt de algemeene lijn ten aanzien van de ligging van het vruchtbaarheidsniveau en sluit daardoor uit, dat zandgrond een specifiek andere reactie zou hebben dan dalgrond. Waarschijnlijk bestaan dus tijdelijke invloeden, die het vruchtbaarheidsniveau veranderen, doch daarbij een invloed op de ligging van de pH-opbrengstkromme hebben, die afwijkt van wat andere vruchtbaarheidsfactoren gewoonlijk te zien geven. Dit is een opvatting, die ook voor de hand ligt. Het vruchtbaarheidsniveau wordt beheerscht door een groot complex van groeifactoren, waarvan nu eens deze, dan weer die beslissend is voor de grootte van de opbrengst. Het zou onjuist zijn, aan te nemen, dat al deze factoren gelijken invloed hebben op de eigenschap van plant en meststof, die door MITSCHERLICH „werkingsfactor” genoemd wordt. Wij wezen op de mogelijkheid, dat er drie principes kunnen bestaan, waarbij wij op het principe van den wisselenden weerstand den meesten nadruk legden, omdat naar onze meening dit principe het meest van landbouwkundig belang is. Het is echter mogelijk en waarschijnlijk, dat ook het principe van de harmonische voeding in bepaalde gevallen zal optreden, waardoor de verschuiving van de hoogste opbrengsten naar hooger pH verklaard zou kunnen worden. Maar ook wanneer men aanneemt, dat het principe van den wisselenden weerstand geldt, is het daarom niet noodig dat een vermeerdering van verschillende groeifactoren in elk speciaal geval een even groote vergroting van het weerstandsvermogen ten gevolge moet hebben. Hierin zal zeker ook een variabiliteit bestaan. Ons ontbreken echter gegevens om hier nader op in te gaan.

Fig. IX geeft duidelijk te kennen, dat er in de pH-opbrengstkrommen een zekere gelijkvormigheid bestaat. Wij wezen er reeds op, dat de gerst het algemeene graantype volgt. Deze gelijkvormigheid zouden wij als het type van gerst kunnen opvatten. Binnen dat type is een vrij breede variabiliteit mogelijk. Ook komen weer, als uitersten, krommen voor, die vrij sterk afwijken van het type, zooals de kromme van Pr 24, die veel op een suikerbietenkromme begint te lijken. De gerstkromme wordt gekarakteriseerd door een bij lage pH betrekkelijk snelle stijging, die tusschen pH 5,0 en pH 5,5

overgaat in een vlak verloopenden of zwak dalenden tak. Om optimale opbrengsten te verkrijgen moet de pH ten minste 5,2 zijn. De overgang van het stijgende gedeelte in het vlakke gedeelte geschiedt bij des te hooger pH, naarmate de maximale opbrengst lager is. In de hier afwijkende gevallen blijkt eerst bij een pH boven 6,0 de grootste oogst bereikt te worden. Over het algemeen mag men uit de hier bijeen gebrachte gegevens concluderen, dat Goudgerst, mits de nevenomstandigheden gunstig zijn, ook bij zeer lage pH nog behoorlijke opbrengsten kan leveren, zoodat op een bedrijf, waar rationeele kalkbemesting plaats gehad heeft, de zuurheid van den grond niet de oorzaak zal zijn van minder gunstigen groei en minder gunstige economische resultaten met dit gewas.

HOOFDSTUK VI

Tarwe

Het bespreken van pH-opbrengstcurven voor tarwe is ondankbaar werk. De tijd, dat in hoofdzak een enkel ras verbouwd werd, zooals indertijd met Wilhelmina het geval was, ligt achter ons. In den laatsten tijd is de belangstelling voor nieuwe tarwerassen zeer groot geweest, wellicht samenhangend met de groote uitbreiding, die het tarweareaal verkreeg. Nieuwe rassen van Nederlandschen oorsprong zoowel als rassen uit het buitenland zijn in vrij grooten getale in ons land beproefd en de variëteit, die het meest voldeed, werd dan langeren of korteren tijd in de practijk verbouwd. Sommige rassen hebben een ruime uitbreiding verkregen, andere rassen daarentegen zijn van meer plaatselijk belang geworden of zijn verdwenen. Het onderzoek van deze nieuwe rassen op hun kalktoestandseischen nu levert vaak weinig resultaat, daar de rassen, die zich als waardevol lieten aanzien, onbelangrijk kunnen zijn geworden tegen den tijd dat men voldoende materiaal verzameld heeft om een vaststaande uitspraak te kunnen doen. Het proefveldmateriaal blijkt vaak betrekkelijk weinig beteekenis meer te hebben tegen den tijd, dat het voldoende uitgewerkt is om aan de practijk voorgelegd te worden. In den tusschentijd zijn veelal weer nieuwe rassen in het onderzoek betrokken. Hierdoor ontstaat een oneconomische versnippering van het proefveldmateriaal over een groot aantal variëteiten, waarbij het vele daaraan gedane werk niet tot waarde komt. Het zou overweging verdienen om na te gaan op welke wijze een meer economisch gebruik van proefvelden en werkrachten gemaakt zou kunnen worden. De wegen, die hiertoe openstaan, zijn tweërlei. Men zou zijn aandacht slechts kunnen geven aan variëteiten, waarvan het practisch belang reeds voldoende vaststaat, waarbij men echter toch steeds de mogelijkheid heeft, dat een belangrijk gewas er ook wel weer eens een keer uitraakt. Ook zou men door een onderlinge samenwerking

van alle instanties, die proefvelden exploiteeren, kunnen trachten te komen tot een programma, waarbij alle in aanmerking komende proefvelden met eenzelfde variëteit worden bezaaid, zoodat men in enkele jaren een zoo groot aantal waarnemingen over dit gewas heeft, dat een uitspraak gedaan kan worden. Slechts op deze manier kan voorkomen worden, dat men met de resultaten van het proefveldwerk steeds weer bij de practijk ten achter blijft. Zou men door onderling overleg in staat zijn de belangrijkste variëteiten bijv. gedurende 2 jaar op 10 tot 15 goede kalktoestandsproefvelden te onderzoeken, dan zou daarmee een materiaal verzameld worden, dat ruim voldoende is om de practijk in te lichten over de eischen, die deze variëteiten aan den grond stellen.

In vroegere jaren heeft het Rijkslandbouwproefstation bij het kiezen van de gewassen, die op de kalktoestandsproefvelden onderzocht zouden worden, zich laten leiden door de belangstelling, die men op dat oogenblik voor een of andere variëteit of gewas had. Herhaaldelijk is het daarbij voorgekomen, dat gewassen verbouwd werden, die eenigen tijd later van geen practische beteekenis bleken te zijn. Wij wijzen bijv. op aardappelvariëteiten, die op onze proefvelden onderzocht werden en op het oogenblik bij de wet zijn verboden. Heeft één dergelijk proefjaar slechts oriënteerende waarde, ook in het geval dat men enkele proefjaren aan een of ander gewas heeft besteed kan men zeggen, dat de waarde van een dergelijk proefjaar zeer gering is. Uit de voorgaande hoofdstukken over het onderzoek van het kalkvraagstuk is wel gebleken, dat zelfs wanneer men 10 of meer proefjaren heeft, het resultaat nog vrij onoverzichtelijk en de waarde van de verkregen gegevens nog betrekkelijk gering kan zijn. Zoo komt bij de op de kalktoestandsproefvelden van het Rijkslandbouwproefstation onderzochte tarwe een groote versnippering voor. Tabel I geeft een overzicht van het aantal variëteiten dat verbouwd werd, en het aantal malen, dat elke variëteit voorkwam.

TABEL I

N ^o .	Soort	Proefveld	Proefjaar	Grondsoort
1	Mansholt's witte dikkop III .	Pr 4	1928	zand
2	Id. .	Pr 24	1928	zand
3	van Hoek's zomertarwe . . .	Pr 3	1933	dalgrond
4	—	Pr 4	1932	zand
5	—	Perceel V Borger Cie	1934	dalgrond
6	—	Pr 10	1934	zand
7	—	Pr 79	1931	klei
8	—	Pr 90	1932	klei
9	—	Pr 90	1935	klei
10	—	Pr 145	1935	zand

TABEL I (vervolg)

N°.	Soort	Proefveld	Proef- jaar	Grondsoort
11	Juliana wintertarwe	Pr 24	1932	zand
12	—	Pr 24	1935	zand
13	—	Pr 30	1934	veen
14	—	Pr 120—Pr 124	1935	dalgrond
15	—	Pr 151	1936	humeuze klei
16	Wilhelmina wintertarwe	Pr 24	1930	zand
17	Robusta wintertarwe	Perceel V Borger Cie	1932	dalgrond
18	—	Pr 10	1932	zand
19	—	Pr 30	1932	veen
20	Trifolium wintertarwe	Pr 119	1933	dalgrond
21	—	Pr 119	1935	dalgrond
22	—	Pr 119	1937	dalgrond
23	Invicta wintertarwe	Pr 79	1934	klei

In de 23 proeffjaren, waarover wij beschikken, blijken 7 verschillende tarwevariëteiten voor te komen, waarvan 2 variëteiten éénmaal en 1 variëteit tweemaal. Deze versnippering was zoo groot, dat het geen zin had elk ras apart te onderzoeken en tot een afzonderlijk hoofdstuk te verwerken, zoodat in de hier volgende uiteenzetting alle tarwevariëteiten door elkander zijn genomen, daarbij overwegende, dat het splitsen slechts schijnbaar nauwkeuriger zou zijn en in werkelijkheid geen nauwkeuriger resultaten zou betekenen.

In fig. X zijn de resultaten van de 23 proeffjaren uitgezet tegen de pH. Hier zij ook verwezen naar een publicatie van de Technische Tarwe Commissie van de hand van R. H. VISSER (21). Over het algemeen blijkt in deze figuur de tarwe de reactie te volgen, die bij granen gewoonlijk voorkomt. Wanneer wij meer op de juiste ligging van de krommen ingaan, dan blijkt het dat van de reacties, die wij in het eerste hoofdstuk (Algemeene Beschouwingen) als van belang aanwezen, de invloed van het humusgehalte op de ligging van de pH-opbrengstkrommen zwak tot uiting komt. Het proefveld Pr 30 met een humusgehalte van $\pm 25\%$ komt met twee proeffjaren in deze samenvatting voor onder de nrs. 13 en 19. Deze beide curven liggen aan den linkerkant van het traject, dat door de andere krommen doorloopen wordt, en wanneer door het bepalen van de pH op constante hoeveelheid organisch materiaal de beide curven eenige tienden naar rechts zouden verschuiven, dan zou het algemeene beeld eenigszins beter worden. Hoewel in dit geval niet met zekerheid tot deze verschuiving te concluderen is, doch slechts een zwakke aanwijzing bestaat, blijkt toch dat deze aanwijzing weer in dezelfde richting gaat als in de voorafgaande hoofdstukken werd aangegeven. Ook het in

dit geval verkregen resultaat is dus een steun, zij het ook een geringe, voor de opvatting, dat bij humeuze gronden gelijkwaardige kalktoestanden van den grond door een lager pH worden weergegeven.

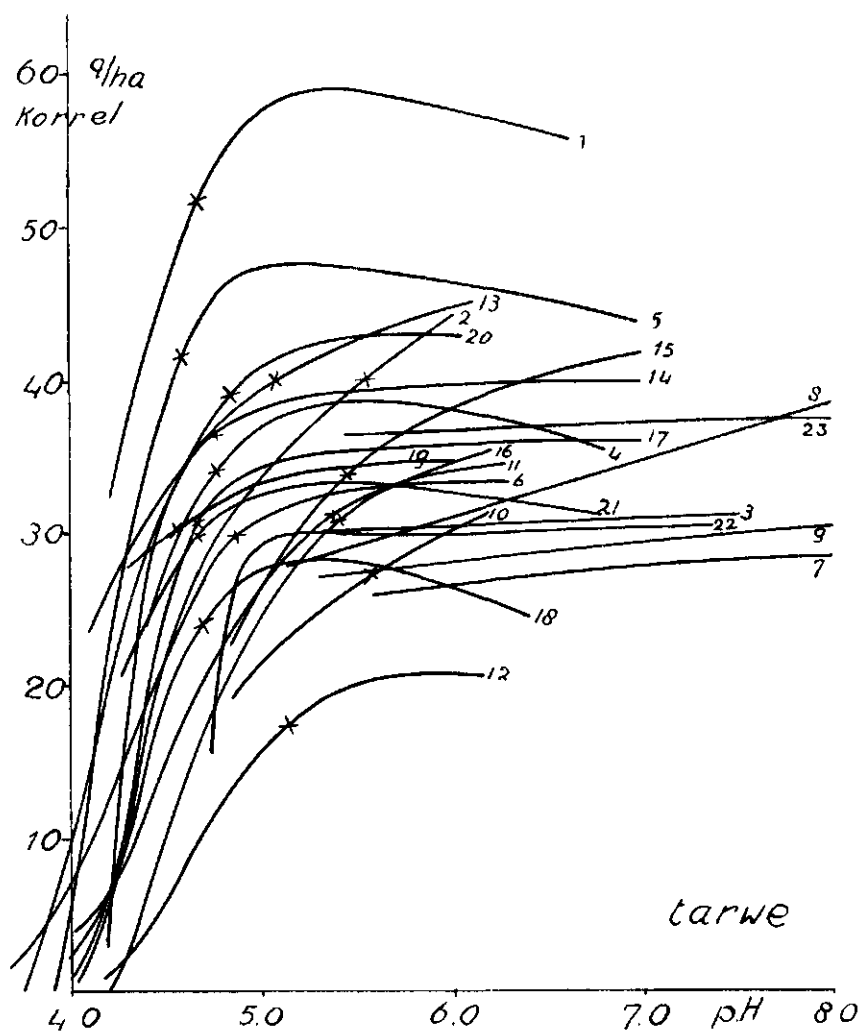


Fig. X
Reactie van de korrelopbrengst van tarwe op de pH

Over de ligging van het optimum in verband met de hoogte van de opbrengst blijken deze 23 proefjaren geen aanwijzingen te geven. Wij willen hieruit echter niet afleiden dat de ligging van het optimum dus onafhankelijk is van de hoogte van de opbrengst en dat wij hier dus te doen zouden hebben

met het principe van de onderlinge onafhankelijkheid van groeifactoren. Het is, gezien de heterogeniteit van het materiaal, ook nauwelijks te verwachten, dat een bepaalde samenhang hier tot uiting zou komen. In de figuur hebben wij door kruisjes aangegeven bij welke pH de opbrengst 10 % lager was dan die, welke bij pH 6,0 was verkregen. Hoewel in de ligging van de kruisjes geen tendens zichtbaar is dat bij hoger opbrengst het optimum naar links of naar rechts verschuift, valt toch wel op, dat bij de curven met de hoogste maximale opbrengst deze kruisjes het meest naar links liggen. Bij lage opbrengst is in de ligging van de kruisjes geen bepaalde voorkeur voor een of andere richting waar te nemen. Het is echter niet onmogelijk dat, wanneer het materiaal homogeen zou zijn geweest, ook bij tarwe het principe van den wisselenden weerstand tot uiting zou zijn gekomen, zooals dit het geval bij rogge, gerst, bieten en aardappelen was.

Het speciale verschil, dat tusschen de grondsoorten bestaat, wordt door de figuur duidelijk bevestigd. De krommen nos. 7, 8, 9 en 23, werden ontleend aan kleigronden en het verloop van deze krommen wijkt af van het verloop, dat op zand- en dalgronden gevonden werd. Het aantal gevallen is echter te klein om voor kleigronden een uitspraak te doen hoe deze krommen ongeveer loopen zullen en vooral het ontbreken van een lage pH op deze proefvelden maakt het onmogelijk een oordeel te geven over den samenhang tusschen de op kleigronden verkregen krommen.

Wat betreft de ligging van het optimum bij zand- en dalgronden kan gezegd worden, dat dit reeds bij een pH 5,1 kan optreden, doch dat er ook gevallen zijn waar bij een pH 6,0 het optimum nog niet bereikt is. Bij kleigronden moet de pH liefst hoog zijn, hoewel in drie van de vier gevallen blijkt, dat een wijziging van de pH van 5,5 in 7,5 slechts een geringe verandering in den oogst teweeg brengt. Deze uitspraak over het optimum kan aan de hand van het hier gegeven materiaal niet gedifferentieerd worden naar de verschillende rassen.

Samenvattend kan gezegd worden, dat de reactie van tarwe op de pH op zand- en dalgronden beneden pH 5,1 zeer sterk is. Een geringe verhooging van de pH brengt een aanzienlijke stijging in den oogst mee. Onder de gunstigste omstandigheden wordt bij pH 5,1 optimale groei bereikt. Beneden deze pH kan door bemesting met uitzondering van een toediening van kalk geen optimale groei verkregen worden. Onder omstandigheden ligt het optimum echter aanzienlijk hoger. Het materiaal laat niet toe na te gaan, welke die omstandigheden zijn. Bij een hoog humusgehalte bestaan er aanwijzingen dat biologisch gelijkwaardige kalktoestanden bij een lager pH optreden dan op gronden met een laag humusgehalte. Dit is een steun voor de opvatting, dat de pH eigenlijk bij een constante hoeveelheid absorptief

complex bepaald zou moeten worden. Bij kleigronden is de reactie van het gewas op de pH betrekkelijk gering.

Voor verdere conclusies is het materiaal te klein. Het groote aantal variëteiten, dat in den loop der jaren onderzocht is, bleek bij het uitwerken der resultaten een nadeel. Aangezien slechts aan een uitgebreid aantal proefjaren conclusies omtrent het gedrag van het gewas tegenover den kalktoestand ontleend kunnen worden, is het van belang het aantal te onderzoeken variëteiten in overeenstemming te brengen met het aantal beschikbare proefvelden en zal er bij elk onderzoek naar gestreefd moeten worden ten minste een 15 tot 20 curven te verzamelen, terwijl in het geval dat dit niet mogelijk zou zijn, het onderzoek van een weinig voorkomende variëteit beter achterwege blijven kan.

LIME STATUS AND YIELD OF CROP

SUMMARY

1. Theoretical considerations

In this country a keen interest is paid to the problem of the lime saturation of the soil. On a large scale pH determinations are carried out and the general advice is to apply lime until a pH of 5.0—5.5 is reached on sandy soils. On clay soil a certain amount of CaCO_3 must be present.

Generally it is assumed that the pH of a soil is a constant soil characteristic and that the optimum growth of a certain crop can be given between narrow limits. The results in the field often do not agree with this theory and the consequence often is that the farmers suppose errors in the determination of the pH or in the taking of the sample, or deny the possibility of giving a qualitative liming advice on pH data.

The aim of this article is to meet these objections, which arise from a faulty supposition about the constantness of the pH and of the optimum lime status of the soil for crop growth. A short description is given of the possible causes of seasonal changes in the pH. These changes are highest from April till June and are diminishing at the end of the summer. If samples are taken after the gathering of the crop, the influence of these seasonal changes therefore will be small. The value of the pH is to some extent dependent upon the ratio soil to water during the analysis. The pH of acid soils diminishes if more soil and less water is used. In routine technique, as employed in this Station, we take 10 grams of soil and 50 cc of water. This is purely conventional. In sandy soils one might as well take 1 gram

of organic material as a basis. This would involve but a slight change for soils with about 10 % of humus, but would cause a change of 0,4 pH for soils with 40 % humic material. In following chapters on this subject it is shown that the results of field experiments give rise to the supposition that the pH determination on a constant quantity of humus has a higher agricultural value than the usual determination in a constant weight of soil.

The optimum pH of a soil, relative to crop growth, changes considerably on the same soil and for the same crop during the successive years. The changes are due to the influence of growth factors, other than the factor acidity. In literature it has been shown that several factors are able to change the place of the optimum growth; for instance weather conditions, amount of nitrogen, amount of phosphate and so on.

Three types of reaction of the plant (see fig. I) are possible, namely:

- 1°. *Better by-conditions enable optimum growth at higher values of the factor studied*
- 2°. *Better by-conditions do not exert any influence on the value at which the best growth is observed*
- 3°. *Better by-conditions do shift the best growth to a lower value of the factor studied*

The first reaction involves the supposition that plant nutrients will bear a certain relation to each other. If a by-factor is increased, one has also to increase the studied factor. This idea can be met in literature where the claim is put that the manuring of the crop has to be harmonic. We therefore propose to call this the *principle of harmonic nutrition*.

In the second case, in which the place of the optimum is not changed by external influences, the only thing that counts is the deficiency or abundancy of the plant nutrients studied, and to what extent the soil conditions deviate from the optimum value which is constant under every condition. The theory of Mitscherlich falls under this principle. We propose to call this reaction the *principle of the mutual independence of growth factors*.

The third possibility is frequently observed in agricultural practice. For instance it is generally said that application of a large quantity of farmyard manure diminishes the significance of the pH of a soil to a high extent. The better by-conditions of a soil give the plant an increased resistance against deficiency of plant nutrients and against unfavourable soil conditions. We propose to call this a reaction according the *principle of the increased resistance*.

As is shown in the following chapters, one most times encounters reactions of the crop according to the principle of the increased resistance.

2. Sugarbeets

In the chapter dealing with the theoretical considerations we drew the attention on the influence of the humus content on the value of the pH.

Fig. II shows among others the curves of a field with about 40 % humic material, mentioned there as Pr 34. If the yields were plotted against the pH, determined with a fixed ratio of base exchange capacity to water, this would not much alter the graph, except for the field just mentioned, from which the curves would shift over 0,4 unities in pH to the right. In this case the two curves would fit better between the others and this gives an indication that possibly the pH, determined on a constant amount of exchange capacity, will furnish a better guide in acidity problems.

Of the principle of the increased resistance we find an instance in fig. III, where the yield of 1925 is depicted which was gathered after a year of good climatic conditions and the yield of 1931, grown in a very wet year. The two other curves represent normal years. This figure clearly shows that good growth conditions have the tendency to extend the area of high yields in the direction of lower pH values. Optimum yields require a pH of 5,5 or higher.

We found these relations on sandy soils. The results on clay soils are represented in the two years of Pr 90. On this type of soil the pH must be rather higher to get a good yield. The figure shows that a distinct difference can be established between the curve on sandy soils and on clay.

3. Potatoes, variety Thorbecke

This variety of potatoes is of considerable interest for the starch flower industry, and though it is generally assumed that the lime question is not highly important for industrial potatoes because of the high resistance of this crop against lime deficiency, some interest may be expected for this short outtime on the result of acidity on the yield, because of the financial importance of this crop.

The results are divided into the three groups sandy soil, fig. VI, newly reclaimed peat soil, fig. V (Dutch: *nieuwe dalgrond*) and old reclaimed peat soil, fig. IV (Dutch: *oude dalgrond*) according the type of soil, on which the crop was grown.

It is shown that the distinction between these soil types is of little agricultural value as regards the lime question, as the differences within a group may be larger than those between groups. The curves for several experimental fields have a rather individual shape, evidently due to the special properties and circumstances on those fields. On every single field the principle of the increased resistance can be clearly demonstrated.

Optimum yields require a pH of 4,6 or higher.

4. Rye, variety Petkuser

The rye, grown in this country, is nearly always Petkuser rye. This variety is very well adapted to sandy soils because of the ability to grow on acid soils. In many a part of our country, however, the soil is more acid than even Petkuser rye can stand. The results of all field experiments were brought together. Fig. VII gives the curves of the experiments of our station, fig. VIII gives the results of all the experiments, taken in our country of which data could be obtained. This figure includes the results of rather unfertile light sandy soils as well as the results on sands in excellent condition with a high humus content.

From the results of the experiments of our station few conclusions can be drawn. The curves indicate the extension of the area of high yields towards lower pH values if the yield is high. That these curves yield but little information is due to the high fertility level of the experimental fields. If also experiments are taken into account on soils with a lower producing capacity, as is done in fig. VIII, the conclusion can be drawn that the yield reacts on the pH of the soil according to the principle of the increased resistance. Optimum growth occurs between pH 4,8 and 6,5, dependent on the yield. Under normal circumstances an optimum yield can not be obtained below pH 4,8 on this type of soil, by increasing the manure or improving the treatment of soil and crop.

5. Barley, variety Goudgerst

This crop is considered as unreliable on sandy soils. The aim of this chapter is to show the needs of this crop as regards lime.

The results of Pr 34 in figure IX show, that on soils with a high humus content a good crop can be grown at lower pH values than on soils, lower in humus. The graph also shows that if high yields are possible, they are already possible at a lower pH than when the optimum crop is smaller. The principle of the increased resistance does prevail in this case. The marks on the curves which mean the places where a decrease in the yield is found of 10 % relative to the yield at pH 6,0, demonstrate this point. These marks definitely point in the direction of lower pH values for higher optimum yield. Below pH 5,2 an optimum growth may not be expected. When circumstances are unfavourable, even far higher pH's will be necessary to get the highest yield. Some experimental fields show a typical reaction, not related to the soil type. The crop on Pr. 4 and Pr 24, for instance, asks a far higher reaction than on Pr 10. Still these are all sandy soils. The factors, causing these differences, are not yet known.

6. Wheat

In the last few years farmers take a strong interest in new wheat varieties. These new varieties also appear in the field experiments. The results of the trials with wheat are therefore divided over different species. The number of trials with each variety is too small to make a separate elaboration possible. Fig. X shows the results of the different trials. The numbers in the figure refer to the successive numbers of the trials in Table I, in which we give the variety of the crop, the number and the year of trial, and the kind of soil of the experimental field.

Trials 13 and 19, on a soil with high organic matter content, yield curves, of which the lower part points to the left hand side of the range of the other curves. If allowance is made for the influence of the high humus content of this soil, as described in chapter I, and the curves are plotted against a pH of about 0,3 unity higher, the curves will fit better between the others. This gives once more a slight indication that biologically identical acidities are represented by a lower pH on humic soils than on soils with a low humus content. This also makes it probable, that a pH determined in a fixed ratio of base absorbing capacity of the soil to water, will have a higher agricultural value than when determined in a fixed ratio of grams of soil to water.

The influence of the height of the yield on the pH by which the maximum yield grows, does not show anything definite. In the figure the marks represent the points where the yield is 10 % lower than the yield at pH 6,0. That these marks do not show any relation will find its reason in the different wheat varieties, brought together in this figure. If other conditions are favourable, the lowest pH, at which a maximum yield may be expected, is 5,1. In several cases a much higher pH gives the best results.

LITERATUURLIJST

- (1) BURD, J. S.: Relation of biological processes to cation concentration in soils; *Soil Sci.* 20, 1925, blz. 269—283.
- (2) BURD, J. S. en MARTIN, J. C.: Secular and seasonal changes in the soil solution; *Soil Sci.* 18, 1924, blz. 151—167.
- (3) HOAGLAND, D. R. en MARTIN, J. C.: Effect of season and crop growth on the physical state of the soil; *J. Agric. Res.* V 20, 1920, blz. 397—404.
- (4) HOAGLAND, D. R., The freezing point method as an index of variation in the soil solution due to season and crop growth; *J. Agric. Res.* V 12, 1918, blz. 369—395.
- (5) STEWART, G. R.: Effect of season and crop growth in modifying the soil extract; *J. Agric. Res.* V 12, 1918, blz. 311—368.
- (6) PROEBSTING, E. L.: Changes in the nitrate and sulfate content of the soil under orchard conditions; *Hilgardia* V 5, 1930, blz. 35—59.
- (7) RAMANN, E., MARZ, S. en BAUER, H.: Ueber Bodenpresssäfte; *Int. Mitt. für Bodenkunde* 6, 1916, blz. 1—26.
- (8) GROH, A. W.: Die Anwendung des Auspressens von Erde zur Ermittlung des Gehaltes des Bodens an gelösten Kalksalzen in verschiedenen Jahreszeiten und unter verschiedene Pflanzen; *Int. Mitt. für Bodenkunde* 13, 1923, blz. 107—115.
- (9) RHEINWALD, H., Die Nitratkonzentration der Bodenlösung und ihre Höhe bestimmenden Faktoren; *Ztschr. Pfl. D. u. B.* 30, 1930, blz. 82—98.
- (10) MASCHHAUPT, J. G. en HAVE, J. TEN: De bepaling van den kalktoestand (verzadigingstoestand) van kleigronden; *Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen* N°. 40 A, 1934, blz. 695—775.
- (11) HISSINK, D. J.: De verzadigingstoestand van den grond; *Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen* N°. 30, 1925, blz. 115—141.
- (12) BRUIN, P.: De methodiek der zuurgraadbepaling van den grond en haar beteekenis; *Landbouwkundig Tijdschrift Jrg.* 47, 1935, blz. 502—529.
- (13) SCHEFFER, F.: Ewiger Roggenbau in Halle-Lauchstädt; *Kühn-Archiv* 38, 1938, blz. 141.
- (14) RUSSELL, E. J., 85 Jahre Düngungsversuche in Rothamsted, *Die Ernährung der Pflanzen Jrg.* 24, 1928, blz. 258—267.
- (15) BRUIN, P.: Samenvatting van eenige resultaten van kalkproefvelden op bouwland; *Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen* N°. 42 (18) A, 1936, blz. 773—819.
- (16) VISSER, W. C. en HOGEN ESCH, J. A.: Verslag omtrent een studiereis naar Duitschland, *Publicatie van het Fonds Landbouw Export Bureau* N°. 19, 1937, H. Veenman en Zonen, Wageningen.
- (17) RIPPPEL, A., ESTOR, W. en MEYER, R.: Zur experimentellen Widerlegung des Mitscherlich Bauleschen Wirkungsgesetzes der Wachstumsfaktoren; *Ztschr. Pfl. D. u. B.*, A 8, 1926/27, blz. 65—80.
- (18) SCHELENOW, P. A. en KLETSKOWSKI, W. M.: Die Wirkungsfaktoren des Stickstoffes und der Phosphorsäure; *Resultaten v/d Vegetatie- en Laboratoriumproeven*. 16e Bericht van het landbouwchemisch Proefstation (Russisch).
- (19) CLEVERINGA, O. J.: Nieuwe resultaten, verkregen met het onderzoek naar de fundamente van den werkzamen bouwgrond; *Geldersch Landbouwblad*; 12 Juni 1936.
- (20) VRIES, O. DE: Eenige aspecten van het kalktoestandsvraagstuk; *Landbouwk. Tijdschr.* 1934, *Jrg.* 16, blz. 677—705.
- (21) VISSER, R. H.: Tarwe en kalktoestand bij zand- en dalgronden, *De Veldbode*, N°. 1582, 1933, 24 Juni, blz. 715.